S u m m a r y

The task of the book is to reproduce the formation of quantitative physical notions not in the historical and logical aspects proceeding from concrete cognitive situation, thereby to reflect a consistent elucidation of the problems, discussions, paradoxes, conceptions which arose and continue arising in physical methodology apropos of notions development.

For this purpose a conception of notion formation logic is developed as possible ways of the notion transition from the lowest informative levels to higher ones. The thesis that a quantitative notion in the process of making passes through hierarchy of informative levels and the method of logic-factual construction, when a methodologist is absorbed mentally in the so-called concrete cognitive situation (period before Gallilei and Newton) and on the basis of there available means and acquired methodological lessons constructs a consistent hierarchy, constitute an integral part of the above conception. Logic of formation is believed to be complementary to traditional development from the history of formation as a broader and more systematized picture of the possible based on the real.

The physical values: length, angle, area, volume, weight, force, velocity, temperature are taken as objects of analysis. They compose the foundation of the entire physical knowledge went the longest way of formation and possess some important peculiarities. Notions of force and temperature as comparatively late and complex, and mainly polar, are chosen as representatives of this class. Their formation logic is realized in detail. Its structures prove similar, thus being peculiar to the whole class of the above notions. In general the structure of formation seems to be hierarchy of 10 informative levels: classification, sensitive-comparative (serialization "by eye"), objective-comparative, conditional schematic, logic-schematic, factual, highly practical, empiric, theoretical, general-theoretical. The degree of informational capacity is determined on the basis of a semantic-informational approach which simultaneously takes into account both exactness and completeness of the volume of the factual sense reflection. In this approach a correlation is observed between the informative levels of notions and hierarchy of metrology scales, however hierarchy of the informative levels of notions does not come to hierarchy of scales.

The model of formation logic sinthetizes and generalizes the known functional features of formation and, due to the criterion of informativity, fixes more accurately the formation process structure. In general, formation of notions proceeds towards an increase in informativity, from the classification to general-theoretical level.

On the other hand, the following four stages may be observed at the stage of notion formation: a) syncretism; b) bifurcation disintegration into a series of antagonistic essences; c) removal of antagonism in the theory structure; d) merging at the higher level in structure of a more general theory.

Reproduction of logic of notion formation enables one to elucidate the causes of origin and sense of certain modern problems and discussions. So, this provide a critical analysis for the status of operational definitions of notions and elucidation of the every-day language influence of formation of scientific notions.

As to general philosophy, the given approach makes it possible to overcome on the basis of the Marxist-Leninist methodology positivism and historical relativism of postpositivism in describing notion formation. It contributes to concretizing the theses of dialectical materialism on the character of making knowledge more profound.

борн М. Физика в жизни моего поколения. М., Изд-во иностр. лит., 1963. 535 с.
унге М. Философия физики. М., Прогресс, 1975. 347 с.
игнер Е. События, законы природы и принципы инвариантности. - УФН, 85, вып.4, 1965, с.727-736.
егель Г.-В.-Ф. Наука логики. Т.1. М., Мысль, 1970. 501 с.
айзенберг В. Философские проблемы атомной физики. М., Изд-во иностр. лит., 1953. 135 с.
емпель): Hempel K. Fundamentals of Concept Formation in Empirical. - International Encyclopedia of Unified Science. Vol.2, cal. N 7, 1952, p. 93-111.
рц Г.Р. Принципы механики, изложенные в новой связи. М., Изд-во АН СССР, 1959. 386 с.
льберт Д. Основания геометрии. М.-Л., Гостехиздат, 1948. 492 с.
роский Д.П. Определение. М., Мысль, 1974. 311 с.
тт В.С., Перетурин А.Ф. Категория "взаимодействие" и принцип Паули в физике. - ВФ, 1964, № 3, с.86-95.
нбаум А. Философские проблемы пространства и времени. М., Прогресс, 1969. 590 с.
оон Ф. Математика в физических науках. - В кн.: Математика в современном мире. М., 1967, с.111-128.
арт Р. Избранные произведения. М., Госполитиздат, 1950. 712 с.
енчук Н.П. Співвідношення понять "форма руху", "рівень", "система" і "структура". - В кн.: Проблема форм руху в сучасній науці. 1968. с.109-203.
мер М. Понятие массы в классической и современной физике. М., Прогресс, 1967. 254 с.
еммер): Gammer M. Concepts of force. Cambridge (Mass.), 1957. 186 p.
ман Я.Г. Всемирная история физики с древнейших времен до конца XVIII века. М., Наука, 1974. 351 с.
ория отечественной математики. Т.1. К., Наук. думка, 1966. 492 с.
н П.Ф. Системність наукових знань і дійсність. К., Наук. думка, 1967. 103 с.
к Ф.М. Суб"єкт, об"єкт і фізичне пізнання. К. Наук. думка. 1970. 139 с.
ап Р. Философские основания физики. М., Прогресс, 1971. 390 с.
чевський М. Курс теоретичної механіки. Т.2. К., Рад. школа, 1957. 462 с.
ова М.С. Философия и язык. М., Прогресс, 1973. 254 с.
к Г.К. Логика развития понятия "сила" в физике. - ВФ, 1962, № 8, с.108-119.
ин П.В. Введение в марксистскую гносеологию. К., Наук. думка, 1966. 288 с.
абель П. Зарождение классической механики (XVI в.) - В кн.: История механики с древнейших времен до конца XVIII в. М., 1971. с.66-22.
ченко О.М. Філософське значення ідеї інваріантності у фізиці. К., Наук. думка, 1971. 100 с.
нко Д.Т. До питання про логіку становлення кількісних понять. - Філософські проблеми сучасного природознавства, вип. 33. К., Вид-во КДУ, 1973. с.62-69.
нко Д.Т. Інформативні рівні фізичних понять. - ФД, № 3, 1977, с.92-98.

Назви журналів скорочено: "Вопросы философии" - ВФ, "Успехи физических наук" - УФН, "Філософська думка" - ФД, "Философские на-
- ФН.

Кривенко Д.Т. Информационная структура физических понятий.- В кн.: Философские проблемы современного естествознания. Вып.43. К., Изд-во Киевского госуниверситета, 1977, с.60-65.
Крымский С.Б. Научное знание и принципы его трансформации. К., Наук. думка, 1974. 207 с.
Кричевский И.Р. Понятия и основы термодинамики. М., Химия, 1970. 439 с.
Кудрявцев П.С. История физики. Учпедгиз, 1956. 563 с.
Кузнецов Б.Г. Пути физической мысли. М., Наука, 1968. 349 с.
Кузнецов В.И. Философский анализ оснований физики элементарных частиц. К., Наук. думка, 1977. 164 с.
Кузнецов И.В. Принцип соответствия в современной физике и его философское значение. М., Гостехиздат, 1948. 116 с.
(Кумбс): Coombs C.H. Theory and Methods of Social Measurement. - In: Research Methods in the Behavioural Sciences. New York, 1953, p. 64-90.
(Кун): Kuhn T.S. The structure of scientific revolutions. Chicago, The Univer., of Chicago Press, 1970 (International Encyclopedia of Unified Science), 210 p.
Лауе М. История физики. М., Мысль. 511 с.
Ледников Е.Е. Критический анализ номиналистических и платонистских тенденций в современной логике. К., Наук. думка, 1973. 223 с.
Лекторский В.А. Единство эмпирического и теоретического . - В кн.: Диалектика - теория познания. М., 1964. с.49-67.
Локк Д. Опыт о человеческом разуме. - Избр. филос. произведения. Т.1. М., 1960, Мысль, с.155-160.
Ломсадзе Ю.М. Сущность доказательного диалектико-материалистического истолкования квантовой теории. Т.1. К., 1972. с.5-71.
Ляхов И. Сила. - Философская энциклопедия. Т.5, М., 1970. 7 с.
Молчанов Ю.Б. Четыре концепции времени в философии и физике. М., Наука, 1977. 192 с.
Леонтьев А.А. Возникновение и первоначальное развитие языка. М., Наука, 1963. 441 с.
Ленци Марио. История физики. М., 1970. 541 с.
Лукреций Тит. Про природу речей. - В кн.: Микола Зеров. Вибране. К., Дніпро, 1966, с.123-200.
Мкьянец В.С. Физико-математические пространства и реальность. К., Наук. думка, 1971. 111 с.
Мчур Е.А. Проблема выбора теории. М., Наука, 1975. 231 с.
(Маргенау): Margenau H. The Nature of Physical Reality. Toronto, New York, London, 1950. 479 p.
Мрков М.А. О природе физического знания. - У кн.: Природа материи. М., 1976. с.140-176.
Мкитенко Д.А. Відчуття і дійсність. К., Наук. думка, 1966. 160 с.
Мждународная практическая температурная шкала МПТШ-68. М., Изд-в стандартов, 1971. 33 с.
Мн Г.И., Казютинский В.В. Фундаментальные проблемы современной астрономии. - В кн.: Диалектика и современное естествознание. М., 1970. с.207-232.
Мугебауер О. Точные науки в древности. М., Наука, 1968. 224 с.
Минников Н.Ф. Понятия массы и энергии в их историческом развитии и философском значении. М., Изд-во АН СССР, 1957. 184 с.
Мновская Л.В. Гносеологический статус понятий в релятивистской физике. К., Наук. думка, 1975. 159 с.

Д. Т. Кривенко

СТАНОВЛЕННЯ ВИХІДНИХ КІЛЬКІСНИХ ПОНЯТЬ У ФІЗИЦІ

ВСТУП

Становлення понять теоретичного природознавства завжди було предметом пильної уваги діалектико-матеріалістичної методології. Це важливе методологічне завдання актуальне нині і на рівні розв"язання загальних філософських питань природознавства в цілому, і щодо конкретних його наук, зокрема фізики.

Фізичні поняття становлять на сучасному етапі значний філософський інтерес у двох аспектах. Перший пов"язаний з питанням про філософський статут теорії. Загальновизнано, що теорія є основною аналітичною одиницею методологічного аналізу будови і функціонування наукового знання. Але водночас теорія - це система понять. Квінтесенцією понятійного каркасу фізичної теорії є кількісні поняття - фізичні величини* - складові терміни її математичної мови. В них повинні "в знятому вигляді" проявлятись істотні особливості фізичних понять взагалі. Тому важливою передумовою філософського аналізу теорії є розв"язання питання "Що таке фізичні величини? (їхня внутрішня структура, їхній генезис і характер співвідношень з теорією та експериментом на різних рівнях становлення тощо)".

Другий аспект - це природа фізичних понять. Вона становить також значний інтерес при вирішенні новітніх методологічних проблем щодо об"єктивності фізичних понять, відношення теоретичних конструктів до реальності (їх гносеологічна класифікація) тощо, а також відомих проблем у галузі співвідношення емпіричного і теоретичного рівнів пізнання та кількісних і якісних понять. Це саме стосується досліджень впливу повсякденної мови й світогляду науковця на становлення концепцій в науці.

Методологічний аналіз кількісних понять дуже актуальний і в соціальному аспекті. ХХУ з"їзд КПРС підкреслив, що для успішного

---

* Терміни "фізичні поняття", "кількісні фізичні поняття" та "фізичні величини" зі стилістичних міркувань вживатимуться як рівнозначні: в книжці аналізуються тільки кількісні фізичні поняття, але на різних рівнях становлення.

вирішення економічних і соціальних завдань, які стоять перед нашою країною, треба дбати насамперед про ефективність суспільного виробництва, якість роботи у всіх галузях народного господарства (див.: Брежнев, 1976, с.44)*. А ступінь ефективності і якості діяльності, її результатів у тих чи інших галузях народного господарства, звичайно, не може бути визначений без застосування кількісних характеристик. Зокрема, на них грунтується еталонізація, стандартизація і контроль якості продукції.

Щодо ідеалістичної методології фізики, то в сучасній літературі для кожної її проблеми пропонується чимало суперечливих рішень, у тому числі й діаметрально протилежних. Зокрема щодо природи фізичних понять характерними є численні однобічні філософські концепції понять (в дусі операціоналізму, конвенціоналізму, емпіризму тощо). Причиною цього, на нашу думку, є відсутність справді наукового, діалектико-матеріалістичного аналізу проблем, що загалом властиве розробкам буржуазних філософів.

Дана книжка є спробою, опираючись на діалектико-матеріалістичну методологію, виявити логіку становлення вихідних понять у науці, зокрема у фізиці, подолати при цьому як антиісторизм неопозитивізму, так і популярний на Заході історичний релятивізм (Т.Куна, П.Фейерабенда, М.Поляні та ін.). Неопозитивісти, як відомо, розглядають лише сформоване знання і намагаються повністю ігнорувати його становлення. Згідно ж з діалектичним матеріалізмом, всякий об"єкт, процес потрібно розглядати в його становленні. Методологи та історики науки неопозитивістського кшталту пояснюють минуле цілком аналогічно сучасній ситуації (post hoc). Фізика (і її поняття) в цьому разі мусить бути з необхідністю такою, якою вона не є в реальному історичному процесі свого становлення. Її відхилення від такого "логічного" шляху стають незрозумілими для неопозитивістів, а тому вони вважають їх хибними (досить згадати операціоналістські спроби "виправити" фізику). Між тим як факти потребують свого пояснення. Насправді ж еволюція фізики та її складових частин відбувається багатоманітними шляхами. Щоб правильно дослідити напрямки становлення фізичних понять, потрібно врахувати конкретні гносеологічні і суспільно-історичні умови і можливості генезису знання. Відтак доцільно розглянути

---

* У посиланнях ми вказуємо спершу прізвище автора, рік видання його публікації (якщо потрібно, - том, розділ та сторінку). Докладнішу інформацію можна при бажанні віднайти в бібліографії до книги.

фізику (зокрема, її поняття) не тільки такою, якою вона була чи є post hoc, а якою вона могла чи може бути в історично конкретній пізнавальній ситуації.

Погляд на становлення фізичної науки з точки зору можливого годен дати краще розуміння дійсного її генезису. Саме тому постає завдання відтворити логіку становлення понять як доповняльну до історії їх становлення з метою виявлення можливих шляхів розвитку понять у фізиці. Це сприятиме заодно й процесові пізнання, зокрема його евристичній функції.

З огляду на це не можна погодитися з абсолютизацією історичними релятивістами відмінностей між науковими картинами світу або парадіграми, бо при цьому губиться єдність та спадкоємність пізнавального процесу. Адже на вищих інформативних рівнях становлення фізичних понять "в знятому вигляді" присутні істотні моменти понять попередніх рівнів, бо переходи понять до наступного рівня інформативності щораз підготовлені на відповідному попередньому рівні. В цьому конкретно виражається принцип єдності історичного і логічного.

Принагідно зазначити, що загальнофілософські положення застосовуються деякими методологами надто прямолінійно (зокрема, щойно згаданий принцип єдності історичного і логічного). Основною причиною такої нестрогості вирішення даних методологічних проблем ми вважаємо, є змішування методологічних рівнів їх розгляду. Доцільно, на наш погляд, вичленити (за ступенем загальності та об"єктом рефлексії) три таких рівні методології.

1. Загальнофілософський. На цьому рівні визначаються категоріальні характеристики й розкривається загальна діалектика становлення й функціонування наукових понять, об"єктів, методів, теорій, знання тощо взагалі. Методологія тут виступає як загальне вчення про методи пізнання й перетворення дійсності (діалектико-матеріалістичний метод, логіка).

2. Логіко-методологічний. Спираючись на цілісну картину методу даної науки, тут визначають філософські засади і наслідки утворення та застосування понять, прийомів, методів тощо у конкретній ситуації певної науки, але з врахуванням історичної і логічної перспективи; їх історію і логіку становлення. Цей рівень виступає як узагальнення методів, принципів і засобів, що формуються в самій науці (однієї фундаментальної науки, або групи споріднених наук) і орієнтується на принципи та положення загальнофілософського рівня.

3. Спеціальнонауковий. Користуючись методом даної науки, тут безпосередньо розробляють поняття, прийоми, принципи та методу вирішення конкретних задач науки, які втілюються в рівняннях, алгоритмах обчислень, експериментах. Визначається фізичний смисл термінів, їх зв"язки з іншими величинами, методи вимірювань та обчислень.

Вважається, що логіко-методологічний рівень є базою для формування загальнофілософських категорій. Останні дають загальні орієнтири для конкретно-методологічних концепцій. Звичайно, рівні не треба абсолютизувати, як це роблять логічні позитивісти, ігноруючи загальнофілософський підхід і абсолютизуючи логічний аналіз. Практика показує, що загальнофілософські висновки діалектико-матеріалістичної філософії мають винятково важливе значення для науки. Коректний філософський аналіз потребує певної системності, що вимагає методу, послідовного дотримання того рівня методології, який відповідає поставленій проблемі і об"єктові аналізу.

Відповідно до зазначених рівнів аналізу у пропонованій праці робиться спроба детально дослідити характер логіки становлення певного класу базисних кількісних понять у фізиці (понять, на які, зрештою, спирається вся фізика) головним чином у межах логіко-методологічного аналізу (крім спеціально обумовлених випадків).

Отже, логіка становлення знання, що кладеться доповняльною до історії його становлення - це один з проявів діалектичної логіки в конкретній галузі. Саме виходячи із загальнофілософських діалектико-матеріалістичних положень, передусім таких, як-от: єдність історичного й логічного в предметі знання; принцип діалектичного розвитку пізнання; наявність стрибків у процесі пізнання; конкретність істини тощо, в книзі розглянуто генезис кількісних фізичних понять. Термін "логіка" у виразі "логіка становлення" тут власне й значить "діалектична логіка" на логіко-методологічному рівні. Логіка становлення протиставляється історії становлення подібно до того, як "логічне" протиставляється "історичному".

Праця складається з трьох розділів. Перший розділ присвячений загальним проблемам дослідження логіки становлення. Тут роз"яснюється постановка проблеми, висувається концепція логіки становлення, зазначаються спосіб і напрям її вирішення, здобуваються попередні результати та методологічні зауваження для подальшого до-

слідження концептів. Потім робиться акцент на концептуально базисних фізичних поняттях, які оформились кількісно ще до появи теоретичної фізики. Цього по-перше, вимагає методична послідовність; по-друге, методолога насамперед повинні цікавити корені, фундамент фізичних теоретичних побудов. Адже тільки виходячи з цього, можна здійснювати дальші методологічні розвідки. Далі в роботі чимало уваги присвячено мало дослідженому, але надзвичайно важливому для даного розгляду аспектові фізичних понять - їх інформаційній структурі. З позицій інформативності на даний момент можна найкраще дати узагальнену оцінку можливих реалізацій понять на логіко-методологічному рівні. Розгляд понять під цим кутом зору виноситься наперед сучасним розвитком наук, їх "кібернетичним" стилем мислення.

Такий підхід дає можливість здійснити послідовну експлікацію логіки становлення конкретних фізичних понять, що й буде зроблено у другому й третьому розділах книжки. Ці розділи, крім власне методологічного, мають і прикладне призначення: в них конкретизуються положення й результати першого розділу на таких діаметрально протилежних в багатьох відношеннях поняттях, як температура (розділ П) і сила (розділ Ш). Ці поняття є досить репрезентативними бо охоплюють з різних боків весь клас понять, які обрані нами для розгляду в книзі. Отримані в ході їх аналізу результати можуть бути застосовані і для вироблення та аналізу вихідних кількісних понять інших наук, які стають на шлях математизації.

Звичайно, ця робота має пошуковий характер, і її положення не претендують на повноту чи абсолютність. Користуючись нагодою, автор висловлює подяку співробітникам відділів філософських питань природознавства й логіки наукового пізнання Інституту філософії АН УРСР, співробітникам секторів філософських питань фізики, логіки наукового пізнання та матеріалістичної діалектики Інституту філософії АН СРСР, які зробили цінні зауваження.

Розділ І. ЛОГІКА СТАНОВЛЕННЯ БАЗИСНИХ КІЛЬКІСНИХ ПОНЯТЬ У ФІЗИЦІ

§ І. Постановка проблеми

Згідно з вченням діалектичного матеріалізму, адекватне пізнання об"єкта можливе лише в разі з"ясування процесу його становлення (зрештою, становлення його поняття в теорії). Щодо фізичних понять, то конкретно-методологічні методи для вивчення їх становлення недостатні. Зокрема, формально-логічний підхід, який широко застосовували логічні позитивісти (в плані позитивістської "Логіки науки"), недостатній навіть для аналізу логічної структури кінцевих, актуалізованих результатів науки. А щодо проблем утворення, то він, як відомо, надто формальний, щоб відтворити процес "живого" становлення, його минулого, можливого й перспектив. Очевидно, саме через це логічні позитивісти обмежувались лиш аналізом усталених пізнавальних структур - конкретнонаукових теорій, принципів тощо. Взагалі, формалізованому логічному аналізові має передувати більш змістовний підхід.

Певний змістовий аналіз фізичних понять може дати історія їх становлення. Однак існуючі в літературі розробки з історії становлення - сукупність традиційних уявлень про дійсні (що відповідають зафіксованим фактам) шляхи генезису фізичних понять, - розв"язують це завдання неповно. Вони хибують, на нашу думку, двома недоліками: фактуалізмом та схематичним концептуалізмом. Фактуалізм - це намагання строго емпірично дотримуватись фактів незалежно від їхнього теоретичного значення. Концептуалізм - відбір фактів відповідно до деякої концептуальної схеми на шкоду іншим емпіричним даним. У першому випадку виникає плутанина у лабіринті великої кількості часто суперечливих фактів, які до того ж усі неможливо ні зібрати, ні однозначно описати (бо точний опис факту - це велика проблема: він значно залежить від установки дослідника, його досвіду, переконань знань, упереджень, інтелекту тощо). Концепту-

алізм хибує тим, що використовує лише "вигідні" (з точки зору своєї концептуальної схеми) факти. Матеріали історичних описів маються за "сировину", на основі якої будуються різноманітні "еволюції", "генезиси", "формування"... фізичних понять (а заодно і принципів, законів, теорій тощо). Такий підхід теж є крайністю. Бо ж тепер добре з"ясовано, що, навіть використовуючи одну й ту саму обмежену сукупність фактів, можна побудувати різні фізичні теорії (Дайсон, 1967). Через це, зокрема, й виникла в методології фізики проблема вибору теорії. Історія становлення понятя обмежена в цілому, бо (згідно з принципом єдності історичного й логічного) її необхідно доповнювати розкриттям його логічного статусу в системі знання (Маркс, Енгельс, т.13, с.497).

У чистому вигляді такого розмежування майже не існує. Це теоретична абстракція, яка дає змогу з"ясувати суть проблеми. Часто спостерігаються хитання від однієї крайності до іншої. Будь-яка фактуальна історична розробка має значні концептуальні елементи, й навпаки. Проте в історії становлення в цілому спостерігається потяг до одного з двох згаданих способів систематизації матеріалу.

Недоліки історії становлення* ще більше властиві інтуїтивно-змістовим розробкам через відсутність у них системності. Якщо тут і висуваються правильні положення, то спосіб їх доведення непереконливий, а тому, зрештою, їх некоректно застосовувати.

Таким чином, маємо нагальну потребу в конкретному способі теоретично-пізнавальної реконструкції становлення понять, який би доповнив історію становлення, будучи, звичайно, відповідною специфікацією положення про єдність історичного й логічного. Систематичне застосування як раз саме такої специфікації дає змогу уникнути або хоч би зменшити недоліки традиційних методів логіко-методологічного рівня аналізу. Цей підхід ми будемо далі називати логікою становлення.

Для дальшої успішної роботи необхідно чітко визначити предмет логіки становлення в методологічному плані й реалізувати її в певній філософській проблематиці у чистому вигляді. Кінцевим об"єктом нашого дослідження прийняті фізичні величини як зріла форма фізичних понять, в якій "у знятому вигляді" містяться попередні її форми.

---

* Недостатність історії становлення для аналізу формування фізичних понять не знецінює досліджень з історії науки в цілому. У методології широко використовуються результати з історії фізики, математики, механіки та ін. Взагалі без історії становлення неможливе висвітлення логіки становлення.

Під логікою становлення фізичних понять (величин) ми будемо розуміти можливі шляхи переходу їх від найнижчих якісних інформаційних рівнів до найвищих кількісних. Враховуючи діалектико-матеріалістичний принцип єдності історичного й логічного, а також для обмеження "вільного творення розумом" логіки становлення та для її максимальної методологічної ефективності ми кладемо її доповняльною до історії становлення, як можливе до дійсного. Останнє вимагає враховувати конкретну пізнавальну ситуацію, "перехрещення" логіки становлення з історією в істотних моментах, з тим щоб дійсне (історію становлення) розглядати у широкій перспективі можливого (логіки становлення).

Дані визначення дають лише загальне й формальне уявлення про логіку становлення. Для подальшого аналізу треба повніше розкрити зміст концепції логіки становлення, зокрема смисл інформативних рівнів понять.

§ 2. Ієрархія інформаційних рівнів фізичних понять

Істотним моментом концепції логіки становлення є теза, яку стисло можна сформулювати так: існує ієрархія інформативних рівнів фізичних понять (величин). З методологічних міркувань доцільно вичленити такі рівні понять (в порядку збільшення їх інформаційності): класифікаційний, чуттєво-порівняльний, об"єктивно-порівняльний, умовно-схематичний, логіко-схематичний, фактуальний*, вузько-прагматичний, емпіричний, теоретичний та загальнотеоретичний ("супер-теоретичний"). Обрана термінологія виконує такі функції. Назва кожного рівня вказує, на який змістовий аспект поняття в ньому робиться наголос. Водночас назви вказують на критичний підхід до таких хибних, не діалектико-матеріалістичних концепцій природи, як конвенціоналізм, прагматизм, емпіризм тощо. Адже цим концепціям властиве "однобічно, перебільшене... розвинення (роздування... ... одної з рисочок, сторін, граней пізнання в абсолют" (Ленін, т.29, с.322). Становлення і зняття кожного рівня - закономірні. Докладний аналіз зазначених рівнів буде здійснений у розділах II та III. Тут ми обмежимось лише загальним розглядом тези про ієрархію.

---

* Коротко кажучи, під "фактуальним" розуміється зафіксована емпірична система речей, властивостей та відносин, що

Загальнофілософські підстави даної тези закладені в самому діалектико-матеріалістичному підході до процесу пізнання. Адже наше пізнання "заглиблюється від явища до сутності, від сутності першого, так би мовити, порядку, до сутності другого порядку і т.д. без кінця" (Ленін, т.29, с.211). Розуміється, "сутності n-го порядку" мають відносно рівнів інформативності більш загальний і фундаментальний смисл. Вони стосуються загальнофілософського рівня методології, а наша теза - логіко-методологічного рівня. Відтак рівні інформативності можна розглядати лише як певну специфікацію "сутностей n-го порядку". Для детального розкриття змісту тези ми розглянемо по черзі її складові терміни: ієрархія, рівні, інформативність, існування.

Ієрархія. Під цим терміном загалом розуміється впорядкування (серіація) довільної сукупності речей за певним принципом. Складові ієрархії називаються ступенями, членами, елементами тощо. Ієрархії відомі в усіх галузях людської діяльності. Найдавнішими є фундаментальні ієрархії людського способу мислення - це порівняльні ступені прикметників і прислівників у повсякденній мові, скажімо, такі: "найменше", "менше", "мало" - "багато", "більше", "найбільше". Звідси вичленовується універсальне абстрактне відношення "менше - більше" ($<$, $>$), за яким будуються усі кількісні ієрархії. Кожна ієрархія утворюється на основі конкретного відношення, властивості. Так, виділяють ієрархію структурних рівнів матерії: ядро, атом, молекула, планета, сонячна система, Галактика тощо. Тут параметром впорядкування слугує лінійний розмір. Коли ж ідеться про ієрархію форм руху матерії, то вихідним береться ступінь організації матерії. Оскільки всяка ієрархія є сукупністю об"єктів і грунтується на абстрактному відношенні "$<$, $>$" та конкретному відношенні, можна виділити спільні властивості ієрархій і класифікувати їх.

1. Ієрархія повинна мати не менше двох членів. Інакше не можна встановити відношення. Вона може бути обмеженою, тоді має найбільший і найменший члени (Γ макс. і Γ мін.), необмеженою або обмеженою з одного кінця.

2. У будь-якому разі можна виділити сегмент ієрархії - обмежену кількість членів.

3. Ієрархія може мати один об"єкт, або клас об"єктів, які еквівалентні щодо її формуючої властивості: $a, \{a\}$.

4. Ієрархія симетрична: якщо $a < b$, то $b > a$.

5. Ієрархія транзитивна: якщо $a < b$ і $b < c$, то $a < c$.

Із властивостей 4 і 5 випливає, що кожен член ієрархії можна розглядати і як результат індуктивного "підйому" знизу, і як наслідок дедуктивного "спуску" зверху ієрархії. Окрім того, якщо вилучити деякі члени ієрархії, полишивши не менше двох, то ієрархічність системи зберігається.

Ієрархії можуть бути будь-якого типу, бо клас конкретних властивостей невичерпний. Тому є потреба в їх класифікації. Ми обмежимось найзагальнішими типами. Передусім вони поділяються на матеріальні, коли серіюються матеріальні об"єкти (наприклад: "структурні рівні матерії") і концептуальні, коли впорядковуються певні уявлення про об"єкти.

Ієрархії бувають випадковими, коли їхні члени не є елементами однієї й тієї ж органічної системи (наприклад: серіація предметів, що випадково попали в поле зору, за їх габаритами) і "холістичними", коли вони є елементами певного цілого (наприклад, коли розглядається нуклон, ядро, атом певної молекули), або коли властивість, за якою впорядковують, є істотною. Майже не знайдеться сучасних наук, де б не використовувались такі ієрархії. У цьому напрямі особливо стимулюючий вплив справила теорія систем із своїм системно-структурним підходом: будь-який об"єкт системи, будь-яка система складається з ієрархії підсистем ("інтегративних рівнів") із своїми структурами, де кожному рівневі властива відносна автономія (Берталанфі, 1968).

Ієрархії будемо називати емерджентними тоді, коли кожний із членів розглядається як момент певного процесу становлення; коли у вищих її формах відбивається "в знятому вигляді" істотна інформація з попередніх рівнів; коли кожний з рівнів несе специфічну інформацію; коли пізнання цілісної системи не зводиться до пізнання її елементів, і навпаки, але обізнаність з системою тоді вища, коли більше розкрито її рівнів і детальніше це здійснено. Інакше ієрархія не може бути визнана емерджентною.

Щодо ієрархії фізичних понять, то вона концептуальна, сегментарна, холістична, емерджентна. Концептуальна вона тому, що стосується передусім розкриття понять, а не матеріальних об"єктів. Сегментарна тому, що ми "знизу" штучно обмежуємося вербальними поняттями, а "зверху" – найабстрактнішими фізичними термінами у сучасній фізиці. Вона також холістична, тому що це рівні одного й того ж поняття, а параметр серіації (інформативності) – суттєвий. На-

решті, головне, ієрархія рівнів, яку ми вводимо, діалектична в зв"язку з тим, що логіка становлення фізичних понять є діалектичною як її конкретний вираз. Логіка становлення і її етапи (рівні) мають зазначені властивості ієрархії.

Рівні. Члени ієрархії – це загалом будь-які об"єкти. Залежно від типу ієрархії та природи об"єктів, члени її називаються елементами, вузлами, стратами, підсистемами, підмножинами, статусами, ступенями, етапами, фазами тощо.

У нашому дослідженні членами ієрархії є певні якісні (але з кількісною мірою) відносно автономні і цілісні етапи, моменти, стадії розвитку кількісного фізичного поняття як цілого. Для зручності назвемо їх рівнями становлення.

Інформативність. Методологи і історіографи традиційно користуються при дослідженні становлення понять критеріями типу: "етап генезису", "фаза формування", "ступінь абстрактності", "рівень розвитку" тощо. В зв"язку з цим поширення набули такі серіації: якість – кількість, емпіричне – теоретичне, чуттєве – абстрактне, річ – властивість – відношення, нижча теорія чи система теорій (наприклад, класична механіка) – вища теорія чи система теорії (скажімо, квантова механіка). Вказані критерії (поняття) дуже розмиті й довільні. Розмитість спричинює їхня глобальність. Тому пояснювальні схеми (ієрархії), що будуються, обмежуються дихотоміями (двочленами) і зрідка трихотоміями (трьохчленами). Далі в напрямку подібних типів досліджень в конкретно-філософських дослідженнях годі рухатись. Вони зайшли у безвихідь на цьому рівні в зв"язку з тим, що постали нерозв"язні проблеми типу: що таке якість і що таке кількість? Що таке емпіричне і що таке теоретичне? Як розмежувати їх? Наявні класифікації понять "по вертикалі" хоч і виявилися дуже корисними, але все ж не дають змоги відобразити чимало тонкощів понятійного апарату. Зокрема, тут не враховано, що кількісні поняття далеко не однорідні. В теорії вимірювань величини, що вимірюються в інтервальних шкалах, не допускають деяких перетворень, які здійснюються над величинами, які вимірюються в шкалах відношень. Можна показати, що і їхні інформаційні ємкості істотно відмінні. Вочевидь також, що інформативність величини різко зростає при входженні її в теорію, а також при наступних узагальненнях теорії. Нехтування всім цим приводить, зокрема, до того, що не можна роз"яснити деяких типових явищ генезису понять в науці.

Припустимо, методолог при дослідженні становлення понять обмежується схемою "якість - кількість". Тобто приймається теза, що спершу формується якісний, а згодом і кількісний рівень поняття. Нехай об"єктом аналізу є поняття "температура". Тоді перед дослідником обов"язково постане проблема класифікації (пояснення) такого важливого історичного факту, як вимір кількості тепла і холоду термостатом у ХУП і навіть ХУШ ст. Термостат фіксує лише порядок інтенсивності нагрівання, а не саму величину температури, чи хоч би інтервали величин, незважаючи на те, що результат виміру тут подається в формі числа. Постає питання, це поняття якісне чи кількісне? Вважати його кількісним з точки зору дихотомії буде некоректним, тому що це все ж не величина. Приписати йому якісний статус теж некоректно в зв"язку з тим, що тут реалізується важливе кількісне (з позицій дихотомії) відношення "більше - менше". Недарма в розробленій останнім часом загальній теорії вимірювань, зокрема в теорії шкал, вводяться проміжні між кількісними і якісними порівняльні шкали*. А тому, що методологічні розробки повинні узгоджуватись з науковими даними, то й тут, відповідно, деякі тлумачення температури доцільно віднести до порівняльного типу. Більше того, серед термометрів згаданого періоду були й такі, які займали проміжне становище між порівняльними та кількісними. І це є характерним явищем у становленні певного класу кількісних понять (що обрані нами як вихідні для розгляду). Особливо виразний приклад поняття проміжного характеру - уявлення про час у стародавньому Єгипті. На підставі сонячного годинника на гробниці фараона Сеті І визначено (див. Нейгебауер, 1968, с.95-96), що під час Середнього Царства (Ш тис. до н.е.) єгиптяни виділили на небосхилі послідовно 24 зірки, кожній з яких була приписана певна година доби в порядку їх сходу. Подібне уявлення про час не можна вважати ні суто кількісним, тому що кутові відстані між обраними зірками були довільними, ні суто порівняльним, бо єгиптяни при цьому користувалися й тривалістю (різницею "часів"): день дорівнював 10 "годинам", ніч - 12, сутінки - 2.

---

* Термін "шкала" будемо вживати у вузькому та широкому розумінні. У вузькому - це певна частина приладу ("циферблатний" покажчик тощо). У широкому розумінні, як у теорії вимірювань (див. Суппес, Зінес, с.19), це сукупність трьох взаємопов"язаних елементів: емпіричної системи з відношеннями, числової системи з відношеннями і функції, що відбиває першу систему у другій.

Вирішення подібних проблем часто лежить на шляху більш детальних класифікацій. Взагалі всяка детальна і строга ієрархія дає змогу адекватно описувати процес. Адже навіть коли аналіз становлення в плані "якість - кількість" проходить більш-менш успішно, то все ж отримана в результаті нього інформація надто бідна, що породжує необхідність дослідження в інших відношеннях.

Одним з таких важливих відношень вважається "емпіричне - теоретичне". У вітчизняній науковій літературі загальноприйнятий глобальний поділ фізичного (і не тільки) пізнання на емпіричний та теоретичний рівні (початок такому поділові був закладений ще у філософії Нового часу (див. Шинкарук, 1977). При цьому, якщо, наприклад, проводиться методологічний аналіз якогось фізичного поняття, то його розглядають послідовно на двох рівнях. Конструктивність такого підходу продемонстрована у багатьох працях, незважаючи на відмінність викладених там концепцій (див., зокрема: Лекторський, 1964; Омельяновський, 1971; Бажан, Дишлевий, Лук"янець, 1974; Швирьов, 1977). Ми вважаємо, що подібна дихотомія доцільна як перше наближення й беремо її за основу попереднього вирішення проблеми. Треба, проте, зазначити, що підставою поділу на емпіричний та теоретичний рівні досі була не інформативність (хоча насправді це найдостеменніший критерій), а ступінь узагальнення, чи абстрагування, або навіть "відстані" від реальності. Фактично цей поділ має явно довільний характер: якщо пізнання оформлено теоретично - теоретичний рівень, якщо ж це тільки сукупність емпіричних фактів - емпіричний рівень. Відповідно, якщо поняття входить у теорію - воно теоретичне, якщо ж ні (або від теорії абстрагуються) - емпіричне.

Зрозуміло, що це ідеалізація дійсного стану справ, бо, по-перше, емпіричне має складну структуру: реальність може бути класифікована якісно, але можуть існувати кількісні закони й навіть фрагментарні теорії. По-друге, теоретичний рівень теж далеко не завжди однорідний: як правило, він складається із сукупності теорій, що співвідносяться між собою не тільки "горизонтально", а й "вертикально" (див., наприклад: Кримський, 1974; Йолон, 1967). Це призводить до того, що коли вирішуються конкретні питання, то ця схема не спрацьовує. Штучність і обмеженість її зазначають більшість дослідників даної проблеми (В.А.Лекторський, В.О.Смирнов, В.С.Швирьов та ін.). Основна причина в тому, що межа між емпіричним та теоретичним виявляється досить нечіт-

кою. Недарма існує нерозв"язана проблема їх розмежування. Завжди виходить, що або емпіричне перетинається частково з теоретичним, або між ними полишається "нічийна зона", яка не врахована визначеннями. Якщо немає точного розмежування, то, отже, немає й точного визначення. Отже, не можна позитивно вирішити питання про логіку становлення фізичних понять, якщо абсолютизувати ці два рівні. Ієрархія із десяти рівнів, яка вводиться в книжці, дає змогу, на нашу думку, не відкидаючи всього досягнутого, частково подолати наявні недоліки.

Відтак постає потреба знаходити критерій для фіксації рівнів становлення, який би був точнішим, давав змогу детально градуювати процеси і водночас був би досить універсальним (фундаментальним) з метою синтезу всіх інших здобутків. Властивість, за якою серіюються рівні поняття в нашому дослідженні, є інформативність. Можливість для використання цього фундаментального критерію становлення понять з"явилась у зв"язку з появою кібернетики, зокрема теорії інформації, що дало змогу визначати інформативність понять кількісно. Проте існують дуже різні підходи до визначення навіть самого поняття інформації (Тюхтін, 1972; 1976) і зокрема інформаційної ємності понять, що приводить до різних методик і результатів обчислення їх інформативності (див.: Пономаренко, 1972).

Фізичне поняття має своєю основою виміри. Тому його оцінка може вестись під кутом зору градації якості результатів вимірювання.

Наріжним каменем для вибору адекватного критерію є побудована останнім часом загальна теорія вимірювань (див. наприклад: Суппес, Зінес, 1967). У ній, зокрема, вводиться ієрархія шкал, і кожному поняттю відповідає свій тип і рівень шкали. Так що поняття (величина) та шкала майже синонімічні. Основними шкалами є шкала найменування (номінальна), за допомогою якої класифікують об"єкти аналізу; шкала порядку, завдяки якій об"єкти розміщають в ряд (серіюють) за степенем прояву відповідної властивості; інтервальна шкала, в якій задається міра "різниці величин" ("метрика") об"єктів у серії й, нарешті, шкала відношень (абсолютна шкала), де кожному об"єктові (елементові фактуального) приписується певна величина, так що відношення і відмінності між ними видаються за відношення і різниці відповідних величин. Перші два типи шкал у сучасній фізиці не застосовуються, але вони широко використовуються в експериментальній психології, конкретній соціології, мі-

нералогії тощо (див., зокрема: Стівенс, т.І, 1960; Кумбс, 1959). Останні дві шкали - кількісні. Яскравий прецедент їх застосування - це, з одного боку, відносні (інтервальні) шкали температур Цельсія, Фаренгейта та ін., а з іншого - абсолютна термодинамічна шкала Кельвіна. Навіть історично процес удосконалення поняття температури йшов згідно з наведеною ієрархією. Є всі підстави вважати, що це загальна закономірність.

Отже, завдання полягає у виборі такої кількісної оцінки результатів вимірювань у певній шкалі, сукупності властивостей, що відповідають поняттям, яка давала б узагальнений вираз їх суті.

Для початку звузимо завдання, ставлячи просто питання про інформативність результатів вимірювань у певній шкалі властивостей, що відповідають цим поняттям.

У літературі з загальної теорії вимірювань є три напрями вимірювань: логіко-змістовний, статистико-інформаційний та семантико-інформаційний. Останній для нас найбільш відповідний. Справа в тому, що при логіко-змістовному підході (Н.Бурбаки, П.Суппес, Дж.Зінес, С.С.Стівенс, К.Р.Гофман та ін.) вимірювання розглядаються звичайно як проблема відображення (неперервного) емпіричних об"єктів, що підлягають вимірові, в абстрактних об"єктах відповідної математичної системи. При цьому проблема точності не дістає необхідного виразу, бо ж точність практичних вимірювань завжди скінченна і тому вони з цього боку завжди дискретні, причому по-різному. Цей аспект вимірювань враховується в розробках статистико-інформаційного напрямку (С.М.Мандельштам, С.М.Персін, М.П.Цапенко та ін.). Точність тут є центральною проблемою. Проте в подібних дослідженнях, що акцентують увагу на селективних (розрізнюючих) моментах вимірювань, не враховуються логіко-змістовні аспекти вимірювань.

Семантико-інформаційний підхід, основи якого закладені І.Бар-Хіллелом та Р.Карнапом (1953) і розвиваються в напрямку узагальнення в роботах М.Ф.Пономаренка (1972), дає змогу врахувати одночасно як логіко-змістовий, так і інформаційний аспекти вимірювань і, крім того, відповідає інтуїтивним уявленням про інформативність вимірювань. Бо якщо врахувати, що вимір є актом виділення в процесі пізнання стану деякої емпіричної системи з відношеннями (фактуального), які можуть бути відношеннями еквівалентності ("однаково - неоднаково"), субординації ("більше - менше"), а також калібровочними ("метричними") відношеннями, які визначають сту-

пінь відмінностей. Тоді "величина" знання, що отримується у вимірювальному акті, його цінність, істинність і ступінь адекватності фактуальному буде тим більшою, чим ширша сфера відображеного фактуального (кількість фактів, сфера визначення і т.ін., що відповідає вирішенню проблеми екстраполяції), чим відображення точніше (точність пропорційна кількості розрізнених елементів або станів фактуального і відповідає вирішенню проблеми інтерполяції) і чим повніше (тобто чим більше охоплено емпіричних відношень) відображено фактуальне в абстрактній логічній системі (наприклад, числовій), яка його представляє. А все це водночас переконливо свідчить про збільшення інформативності.

Так, бажано, наприклад, щоб за однакової кількості станів (властивостей) фактуального, що розрізняються у вимірі, і однаковій точності розрізнення, теорія давала результат тим вищий, чим більше відношень відображено у вимірі. Інакше кажучи, кількість вимірюваної інформації повинна відповідати типові шкали, в якій проведено вимір.

При статистико-інформаційному підході ця вимога не задовольняється. Наприклад, згідно з статистико-інформаційними критеріями, за вказаних умов інформативність виміру твердості в порядковій шкалі Мосса, виміру температури за інтервальною шкалою та вимірювання маси за абсолютною шкалою однакова, бо тут враховується лише селективна функція вимірювань. У загальному виразі обмеження завдання виміру тільки впорядковуючою (субординуючою) функцією замість одночасного врахування як впорядковуючої, так і метризуючої функції спрощує процес вимірювання. Спрощення забезпечує, звичайно, більш наційну класифікацію (веде до більш точних результатів). Отже, згідно з канонами статистичної теорії, виходить, що інформація, яка одержується при всіх вимірювальних удосконаленнях, з часом абсолютно зменшується. Інакше кажучи, відповідно до її законів найпримітивніші поняття найбільш інформативні, що, звичайно, неправильно. В такому разі логіка становлення понять повинна йти в зворотному напрямку.

Таким чином, якщо врахувати й інші (окрім точності) аспекти виміру, то стає очевидним, що загалом треба вважати інформативнішим такий вимір, який, крім порядкових відмінностей, фіксує також ступінь ("різницю") відмінностей між об"єктами щодо властивості, яка вимірюється. Збільшення вимірювальної інформації за рахунок цього може значно перевищити ті втрати, яких зазнають внаслідок

зниження ступеня однозначності (надійності) результатів, що отримуються. Якраз семантико-інформаційний підхід дав змогу одержати більш об"єктивний критерій якості виміру, при якому враховуються статистичний і логіко-змістовий аспекти, - семантичну інформативність результату виміру (див.: Пономаренко, 1972).

Для цього інформацію, що розуміється загалом як об"єктивна властивість матерії (відмінна від речовинної і енергетичної властивостей), яка характеризує вищі форми відображення, уточнюють як "кортеж" (вектор) $J = \langle J_1, J_2, \ldots, J_i \ldots \rangle$, де J_i - характеристики інформативності відображення в окремих аспектах: статистичному, семантичному, прагматичному тощо.

Виходячи з цього, а також відповідно із загальною концепцією вимірювання, в метрології вимірювальна інформація розглядається як змістова характеристика вимірювального відображення, тобто відображення емпіричного об"єкта на об"єкт абстрактно-математичної природи, такого, що зумовлений відношенням (величиною, яка вимірюється) об"єкта, що відображається, до інших об"єктів емпіричної природи, однозначно відповідають подібні відношення об"єкта, що відображує, до інших об"єктів абстрактної системи, які ставляться відповідно до решти емпіричних об"єктів (галузей фактуального). Вимірювальна інформація як один з видів інформації також може представлятись кортежем J_1. Де, наприклад, J_1 - новизна результату, що одержується, яка враховувалась також і при статистичному підході, а J_2 - змістовність результатів вимірювання, J_3 - цінність, J_4 - адекватність відображення тощо.

В математиці семантична інформативність виміру (в нашому дослідженні - інформативність рівня поняття) визначається однозначно за наявності серіації (впорядкування) окремих аспектів інформативності виміру за значенням. Це забезпечується завдяки змістовному аналізу аспектів.

Семантико-інформаційний підхід дає змогу, зрештою, зобразити результат вимірювання певним висловлюванням в абстрактній семантичній системі, яка моделює величину, що вимірюється. В свою чергу, для кожного такого висловлювання приводиться у відповідність кількісна "міра" - семантична інформативність результату виміру поняття. Вона має "потенціальний" характер, бо визначається інформативністю всіх можливих суджень (повідомлень), в яких використовується це поняття. Інформативність або інформативна ємність поняття - це інформативність найбільш сильного логічно, тобто най-

більш змістовного судження про його застосовуваність до деякого об"єкта чи класу об"єктів. Подальше точне визначення інформативності понять – справа техніки, що загалом не є завданням методолога. Проте корисно буде ознайомитись з конкретно-науковими досягненнями в обчисленні інформаційної ємності понять.

Семантико-інформаційний підхід дає змогу зобразити результат вимірювання висловлюванням $\tau_{ри}$ в абстрактній семантичній системі S, яка моделює величину, що вимірюється. Кожній шкалі вимірювань відповідає певна семантична моделююча система. Ця система має включати індивідні константи (множина $\{a_i\}$) для позначення емпіричних об"єктів вимірювання (множина $\{b_i\}$) та предикати (множина $\{Q_i\}$) для позначення їх властивостей. Висловлювання $\tau_{ри}$ відноситься до абстрактного об"єкта системи, який завдяки виміру ставиться у відповідність емпіричному об"єктові виміру і є формально-логічним описом особливостей останнього. Чим більш чітке і детальне твердження $\tau_{ри}$, тим точніше визначається об"єкт виміру і тим вища семантична інформативність результату виміру.

Однією з головних вимог, яку мусить вдовольняти міра семантичної інформативності $if(\tau_{ри})$ твердження, є, зокрема, те, що за однакової дозволяючої здатності й вірогідності розрізнення повинно мати місце співвідношення

$$if(\tau_{ри}\, bS_{кл}) < if(\tau_{ри}\, bS_{п}) < if(\tau_{ри}\, bS_{k}),$$

де $S_{кл}$, $S_{п}$, S_{k} – семантичні системи, що описують відповідно елементарну класифікацію, вимірювання за шкалою порядку і вимірювання за шкалою відношень.

Можна показати (див.: Пономаренко, 1972), що вказаним вимогам до семантико-інформаційного підходу, що орієнтується на аналіз вимірювань, найбільш точно відповідає метод, який запропонував І.Бар-Хілелл (1953). Використовуючи надалі засоби семантичного апарату, можна описати семантичні системи, які моделюють властивості, що вимірюються в шкалах основних типів, та вивести формули для визначення семантичної інформативності результатів вимірювань у цих шкалах. Подамо це стисло.

Семантична моделююча система класифікації містить деокриптивні знаки індивідних констант, множину $\{a_i\}$ для позначення емпіричних об"єктів, індивідних змінних – множина $\{k, y, z, v, w\}$ з $\{a_i\}$ як областю визначення та знаки одномісних предикатів – множина $\mathcal{P} = \{\mathcal{P}_i\}$ $(i = 1,2,\ldots, M)$ – для позначення властивостей емпіричних об"єктів належати до певних класів (M – кількість розрізнених класів – об"єктів і, особливо, інтенсивностей властивості, що вимірюється, а також логічні знаки: $\sim$ (заперечення), $\vee$ (диз"юнкції), $\wedge$ (кон"юнкції), $\exists$ (квантор існування), $\forall$ (квантор загальності), " ("И") дужки /.

Застосуванням предикатів до індивідних констант утворюються атомарні речення $\mathcal{P}_i(a_j)$; до цих останніх логічних сполучників одержуються молекулярні речення.

Опис стану в системі S_2 – це молекулярне речення, що співвідносить кожній індивідній константі один з предикатів. Наприклад, для системи з числом $N = 4$ індивідних константи і $M = 3$, речення $Z = \mathcal{P}_i(a_i) \wedge \mathcal{P}_1(a_1) \wedge \mathcal{P}_2(a_2) \wedge \mathcal{P}_3(a_3)$ – один з можливих описів стану. Опис структури C – речення, що вказує, скільком об"єктам притаманні кожна з властивостей, що позначені $\mathcal{P}_i$, але не уточнює, які об"єкти мають дану властивість. В інформаційному ме-

тоді однакові значення міри вихідного підтвердження (вихідні ймовірності) одержують всі описи структури, а не описи стану. Якщо n_c – кількість всіх різних описів структури, а n_z^{ci} – кількість всіх різних описів стану із структурою Ci, то вихідна ймовірність будь-якого опису стану, яке вважається уточненням опису структури Ci, дорівнює $\frac{1}{n_c\ n_z}\ Ci$.

Інформаційні оцінки, що грунтуються на такому підході до визначення валідної ймовірності, враховують можливість набуття нового знання з досвіду. Якщо, наприклад, перші m вимірів дали одне й те ж числове значення, то ймовірність того, що в (m + 1)-ому вимірі буде знову одержане це значення, більша, ніж ймовірність отримання будь-якого іншого результату.

Структурна ентропія такої системи цілком визначається кількістю можливих описів стану і дорівнює $H_c = N \log M$. Можна показати, що інформаційна ентропія цієї системи менша структурної й дорівнює

$$H_u = \log n_c + 1/n_c = \sum_{i=1}^{n_c} \log n_z^{\sigma_{c_i}}$$

(n_c – кількість описів структури, а $n_z^{\sigma_{c_i}}$ – кількість описів стану для певного опису структури c_i). Різниця значень H_e і H_u дає оцінку інформації, яку гадають отримати завдяки навчанню з минулого досвіду класифікації.

Вихідна ймовірність речення типу $\mathcal{P}_i(a_j)$, що формулює в S_2 результат класифікації, дорівнює $1/m$, а ступінь підтвердження його дослідом $G - C(\mathcal{P}_i(a_j)G)$ залежить і від результатів попередньої класифікації. Для a_j можна побудувати M гіпотез типу $\mathcal{P}_i(a_j)$ і визначити семантичну інформативність кожної з них, а потім – очікувану інформативність результату класифікації:

$$\overline{if}(\mathcal{P}_i(a_j), G) = \sum_{i=1}^{m} C(\mathcal{P}_i(a_j), G) \log C(\mathcal{P}_i(a_j), G).$$

У семантичній моделюючій системі порядку, природно, додатково з"являється знак R двомісного предикату, що позначає відношення порядку, і застосовуються знаки "<", ">", за допомогою яких утворюються кортежі над $\{a_j\}$.

Результат виміру, що здійснений за шкалою порядку, в S_3 фіксується реченням $\tau_{pu} = \tau_{кл} \wedge \tau_п$ (де $\tau_{кл}$ – речення про класифікацію об"єкту виміру, а $\tau_п$ – про порядкові відношення). Його інформативність дорівнює: $if(\tau_{pu}) = if(\tau_{кл}) + if(\tau_п)$. Перший доданок визначається як в S_2, а для другого отриманий вираз очікуваного значення буде таким:

$$if(\tau_п b S_3) = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} \left[\sum_{c=0}^{n} \log(M-C) - \sum_{c=1}^{n} \log C \right].$$

У семантичній моделюючій системі гіперпорядку* (S_4) знаки ті ж, що й в S_3, але сфера визначення предиката R поширюється на кортежі довжини 2 (впорядковані двійки) над множиною $\{a_i, a_j\}$. Предикат R уточнюється додатковими постулатами значень, що пов"язані з розширенням сфери його визначення. Можна показати, що описові стану системи S_3 відповідає W описів стану системи S_4 – число, знаходження якого в загальному вигляді ускладнюється цією постулата значень. Результат виміру за шкалою гіперпорядку представляється в S_4 кон"юнкцією двох речень – про класифікацію ($\tau_{кл_i}$) і про порядкові відношення ($\tau_{п_i}$), а значення інформативності для нього визначається сумою значень інформативності речень $\tau_{кл_i}$ та $\tau_{п_i}$. Інформативність результату виміру про порядкові відношення в цій системі визначається виразом

$$\overline{if}(\tau_п b S_4) = \sum_{C=1}^{M} \log C + \log W - \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} \log \theta_i$$

(де W – число описів стану в S_4, що відповідають одному опису стану в S_3, а θ_i – число описів стану в S_4, в яких має місце $\tau_{п_i}$). Цим визначається збільшення семантичної інформативності результату при переході від елементарної класифікації до вимірювань у шкалі гіперпорядку. Збільшення інформативності при переході від виміру за шкалою порядку до виміру за шкалою гіперпорядку оцінюється пересічно виразом $\overline{if}(\tau_п b S_4) - \overline{if}(\tau_п b S_3)$, який, очевидно, є позитивною величиною.

Далі, в семантичній моделюючій системі інтервалів (S_5) додаються знаки двомісних предикатів, що позначають відмінності всіх рівнів у відношенні вимірюваної величини – множина $D = \{D_i\}$. Уточнюється сфера визначення й формулюються постулати значень предикатів D. Розглядаються описи стану системи S_4, а також речення, що виражають результат виміру. Останній може бути поданий кон"юнкцією $\tau_{кл} \wedge \tau_п \wedge \tau_р$ (де $\tau_р$ – речення про метричні співвідношення). Для інформативності результату виміру справедливе співвідношення

$$if(\tau_{ри} b S_5) = if(\tau_{кл}) + if(\tau_п b S_5) + if(\tau_р b S_5).$$

Значення $if(\tau_{кл})$ визначається так само, як і в S_2, а для інформативності про порядкові значення отримується вираз

$$if(\tau_п b S_5) = \sum_{C=1}^{M} \log C .$$

Інформативність результату в шкалі інтервалів про метричні співвідношення дорівнює $if(\tau_р b S_5) = \log P[M-1]$ (де $P[M-1]$ – кількість невпорядкованих розкладів числа $M-1$). Збільшення інформативності при переході від шкали порядку до шкали інтервалів оцінюється виразом

---

* У шкалі гіперпорядку відношення серіації застосовується не тільки до об"єктів a_j, а й до двомісних кортежів $\langle a_i, a_j \rangle$. При цьому, наприклад, вислів "$\langle a_1, a_2 \rangle$" більше $\langle a_3, a_4 \rangle$" означає, що відмінність між об"єктами a_1, a_2 більша, ніж відмінність між об"єктами a_3, a_4.

$$\Delta \overline{if}_{3,5} = \overline{if}(\tau_{pu}\, bS_5) - \overline{if}(\tau_{pu}\, bS_3) = \log P[M-1] - \frac{1}{M}\sum_{n=0}^{M-1}\left[\sum_{c=1}^{n}\log C + \sum_{c=1}^{M-n-1}\log C\right].$$

У S_5 кортежі $\langle a_i, a_j \rangle$ можуть бути інтерпретовані або як реальні відмінності щодо властивості, яка вимірюється між об"єктами, що позначені a_i та a_j, або ж як реальні відношення. У першому випадку числові представлення однозначні з точністю до лінійного перетворення, а в другому – до логарифмічного.

Нарешті, в семантичній моделюючій системі відношень (S_6) знаки ті ж самі, що і в S_3, але сфера визначень предикатів P_i поширюється на множину A кортежів довжини 2, які позначають відмінності (у відношенні до величини, що вимірюється) всіх рівнів, а сфера визначення предиката R – на множину кортежів довжини 2 над множиною $A' = AV\{a_i\}$. Предикати P_i уточнюються додатковими постулатами значень.

Речення, що представляють в S_6 результати вимірювань, формулюються в термінах впорядковуючого порівняння для об"єктів і відмінностей усіх рівнів, при якому об"єкти і відмінності утворюють спільні класи еквівалентності. Інформативність результату виміру про класифікації і порядкові відношення в S_6 не відрізняється від інформативності відповідного результату в S_5. Інформативність же при метричному співвідношенні тут визначається виразом $if \times (\tau_p\, bS_6) = \log P[M]$. Збільшення інформативності результату при переході від виміру за шкалою інтервалів до виміру за шкалою відношень (абсолютною шкалою) дорівнює

$$\Delta \overline{if}_{5,6} = \overline{if}(\tau_{pu}\, bS_6) - \overline{if}(\tau_{pu}\, bS_5) = \log\frac{P[M]}{P[M-1]}.$$

Таким чином, маємо спосіб точного визначення інформативності вимірювань, а отже й ряду рівнів понять з ієрархії, яка введена в роботі. Досягнення точної науки поки що обмежується емпіричними рівнями. Окрім того, "вакуум" між порівняльними й інтервальними (кількісними) шкалами ще тільки планується заповнити (шкала гіперпорядку). Але те, що порядок інформативної ємності величини, яка реалізується в різних шкалах ($if(\tau_{pu}\, bS_2) < if(\tau_{pu}\, bS_3) < if(\tau_{pu}\, bS_5) < if(\tau_{pu}\, bS_6)$) збігається з незалежно визначеним автором цієї книги порядком відповідних рівнів понять в ієрархії (1971), свідчить про правильність обраної стратегії в цілому, тобто, напевне, це справедливо й щодо інших рівнів, де враховуються більш точні відмінності в інформативності. Сила методології в тому й полягає, що вона дає змогу дещо вийти за межі наявних емпіричних (конкретнонаукових) даних для розв"язання більш загальних проблем. Це робиться, звичайно, завдяки розширенню смислу термінів.

Взагалі, у дослідженнях методологічного порядку не має необхідності точно обчислювати інформативність понять на кожному рівні. В даному разі для цього цілком достатньо, що інформатив-

ність поняття тим вища, чим більш повно (змістовно), точно (ла-
тально) та широко (об"ємно) в ньому відображена відповідна "емпі-
рична система з відношеннями". Це дає змогу, орієнтуючись на дані
три фактори, визначати приблизно порядок (рівень) інформативності
Як правило, при переходах з рівня на рівень змінюється один з цих
чинників, а якщо змінюються й більше, то, принаймні, в одному на-
прямку. Тому визначити якісно напрямок зміни інформативності не
є важким завданням. Так, вимір в інтервальній шкалі інформатив-
ший за вимір у порядковій шкалі за однакової кількості розріжне-
них у вимірюванні станів (або, просто, властивості) емпіричної
системи і незмінної надійності класифікацій. Відображення в ін-
тервальній шкалі повніше порядкового, бо фіксує додатково "інтер-
вали" між елементами фактуального. Така якісна оцінка інформатив-
ності досить надійно спрацьовує, як ми переконаємось, і тоді, ко-
ли формально шкала ніби одна й та сама, а зміст має явно різну
інформативність. Можна, виходячи із вказаних критеріїв, також
вважати, що поняття (рівень) тим інформативніше (та якісніше!),
чим більшу кількість фактів реальності й до того ж чим точніше
(адекватніше) воно їх відображує. При цьому, звичайно, ми від-
штовхуємось від конкретнонаукових даних.

Важливо,що семантико-інформаційний підхід (власне,його мето-
дологічна екстраполяція) дає можливість відповідно оцінити понят-
тя в теоріях сучасної фізики.Адже існують ієрархії фізичних тео-
рій,наприклад,ньютонівська механіка,аналітична механіка Лагранжа
Гамільтона, спеціальна теорія відносності, квантова механіка,
релятивістська квантова механіка тощо, в яких подеколи зберіга-
ються одні й ті самі (принаймні за походженням та назвою) понят-
тя. Так, поняттям сили користувався Галілей, потім воно в уза-
гальненому вигляді ввійшло до Ньютонівської механіки, перейшло
в дещо іншому статусі до аналітичної механіки Лагранжа - Гамиль-
тона. Чи буде відповідна сукупність модифікацій поняття складати
інформативну ієрархію?

Не виникає сумніву, що теорії створюються насамперед для одер
жання більш об"єктивної інформації про дійсність. Всяка узагаль-
нююче теорія інформативніша від своїх попередників. Але оскільки
поняття - елемент теоретичної системи, то його "міра" в такому
разі значно похідна від теорії (див.: Гегель, т.1, 1970, с.428-
443). І якщо обраний критерій оцінки понять - семантична інфор-
мативність - істотний, а фізика складається з ієрархій теоретич-

них систем різного ступеня інформативності, то бажано, щоб він був конкретизацією гегелівської "міри" в тому розумінні, що поняття одного роду в інформаційних ієрархіях теорій розташовуються у відповідний ряд за ступенем інформативності "мір". Кожна узагальнююча теорія, як правило, розширює мережу істотних зв"язків поняття, чим і збільшує його змістовність, робить вимір поняття більш точним, бо враховує додаткові ефекти, а також вказує нові галузі його застосування. Тому метаморфози понять в ієрархії теорій є по суті інформаційними. Відомий принцип відповідності якраз по-своєму і фіксує різницю в інформативності понять (і водночас їх зв"язок). Це особливо яскраво помітно при зіставленні фундаментальних понять ньютонівської механіки з аналогами спеціальної теорії відносності. Наприклад, у формулах для довжини, часу, маси з"являються члени, які вказують на відносність цих формул, залежність їх від вибору системи координат та від нової універсальної константи - максимальної швидкості передачі взаємодії. Інакше кажучи, фіксується додаткова інформація. Іноді лише модифікуються старі і з"являються нові рівняння й твердження, в які входить даний фізичний термін.

Інформаційний підхід до аналізу понять застосував у методології Р.Карнап (1971, розд. 5). Він поділив поняття повсякденної та наукової мов на три класи: класифікаційні, порівняльні та кількісні. Критерієм серіації він узяв ступінь інформативності понять. Із цього погляду порівняльні поняття інформативніші за класифікаційні, а кількісні - за порівняльні. За формальний критерій класифікації беруться типи відношень, що реалізовані у цих поняттях за допомогою відповідних емпіричних процедур ("емпіричних правил").

Так, якщо для будь-якої пари об"єктів певного типу задані відношення еквівалентності (E_M) і "менше чим" (L_M), тоді вважається, що відповідне поняття - порівняльне. Але якщо, крім того, обрана одиниця виміру і визначена "точна форма шкали", тоді таке поняття - кількісне (с.113). Тут важлива сама ідея інформаційних рівнів понять, операціональна постановка питання корисна для подальшого аналізу. Недолік цієї класифікації у тому, що вона допускає досить широкий "вакуум" між рівнями понять, який особливо проявляється на прикладі кількісних понять, котрі всі віднесені до одного рівня. В нашій же ієрархії буде введено десять кількісних рівнів. Адже трьохрівнева класифікація понять "по вертикалі" хо

і виявилась досить продуктивною, але вона, подібно дихотомії "емпіричне - теоретичне" та "якість - кількість", теж не дає змо-ги відобразити чимало особливостей понятійного апарату фізики. Зокрема, тут не враховується, що кількісні поняття досить неодно-рідні. В теорії вимірювань величини, які вимірюються в інтервальних шкалах, не допускають деяких перетворень, котрі здійснюються над величинами, що вимірюються в шкалах відношень. Можна показа-ти, що й їхні інформативні ємності істотно відмінні. Головне ж, що нехтування всім цим веде, зокрема, до того, що неможливо пояс-нити деякі типові явища історичного генезису понять. Ієрархія з десяти рівнів дає змогу, не відкидаючи досягнутого, частково по-долати наявні недоліки. Наприклад, згадане стародавньоегипетське уявлення про час відноситься до фактуального рівня введеної нами ієрархії, сенс якого обгрунтований як можливий етап становлення поняття.

Важливо, що під кутом зору інформативності можна розглядати більшість вже побудованих методологами ієрархій, де за критерій були взяті інші властивості. Більше того, не тільки ієрархії, а й інші побудови, хоч і більш посередньо, доцільно розглядати з точки зору інформативності. Це стосується особливо цікавої (бо вона зачіпає аналіз величин) спроби Л.Г.Антипенка (1973) систематично ввести в розгляд ієрархію "ступенів реальності", або теж саме, рівнів абстрагування поняття "об"єкт". Слушно зазначити, що поняттями II типу, яким приписується менший ступінь реальності, ніж "матеріальному об"єктові" (0-тип) та "властивості" (I тип), обрані натуральні та раціональні числа, роль яких буде аналізуватись спеціально. Подальший, III тип заповнюють дійсні та комплексні числа, а на IУ типі - структурні об"єкти типу ψ-функції.

Хоч ця класифікація стосується не тільки фізичних величин і проведена не за ознакою інформативності, але нема сумніву, що її можна розглядати з позицій інформаційної ємності понять. Порядок рівнів при цьому зберігається, якщо пам"ятати, що мається на увазі інформативність не об"єкта самого по собі, а відображення його в знанні: це не "онтологічна", а пізнавальна характеристика. Більше того, розгляд даної проблеми крізь призму інформативності вносить, на нашу думку, нові конструктивні моменти.

Те ж саме в історіографії. Тут передусім привертає увагу теорія Т.Куна (1970, 1977). Кунівські парадигми, гадаємо, є сенс також розглядати як рівні пізнання в історичному аспекті, хоч Кун,

дотримуючись позицій історичного релятивізму, і не вживає терміна "рівень" і навіть заперечує взаємозв"язок значень синонімічних термінів ("принцип відносності") у різних фізичних теоріях.

Взагалі в дослідженнях з історії науки проступає уявлення про рівні пізнання і навіть рівні понять. Але там воно фіксується неявно (інтуїтивно, за відсутністю методу) як послідовно-стрибкоподібний перехід (здійснюваний великими умами) від гірших (і, відповідно, нижчих стадій, етапів, фаз, рівнів) понять, концепцій та теорій до кращих (відповідно, вищих стадій, етапів, фаз і, нарешті, рівнів). У явній формі становлення понять відображено у вигляді етапів генезису, або рівнів знань (див.: Смирнов,1964), які виділяються за порядком їх виникнення в історії науки, ступенем свого розвитку, загальності тощо, але при цьому ніколи явно не застосовується інформаційний підхід. Ідея рівнів інформативності як такої в історіографії взагалі не використовувалась, хоч, як видно з попереднього, вже настав час для вжитку цієї, більш точної, категорії.

Існування рівнів. Те, що в фізичних побудовах існують поняття різного порядку інформативності, тепер вже не заперечується. Споріднені поняття в ієрархіях фізичних теорій теж перебувають на різних інформаційних рівнях. Але ми, по-перше, маємо на увазі передусім рівні одного й того самого поняття (величини). Причому випадок зі спорідненими поняттями різної інформативності в ієрархіях фізичних теорій, - не зовсім те, що ми маємо на увазі. Він стосується лише останніх двох рівнів: теоретичного та супертеоретичного. По-друге, і це головне, згідно з концепцією логіки становлення, ми розглядаємо рівні поняття як можливі, а не обов"язково дійсні. Тобто, в історії становлення того чи іншого поняття частина з них могла не актуалізуватись, або ж не існує даних про це. Так що йдеться про потенціальне існування рівнів. Постає природне питання, чому ж ми виділили такий, а не інший ряд інформаційних рівнів?

На наш погляд, це, по-перше, дає змогу систематично відтворити логіку становлення певного класу понять (і пояснити, зокрема, їх історію становлення: рівні - це особливо важливі її моменти); по-друге, сформовані рівні відповідають найбільш природнім способам побудови, оперування і оцінки понять. Але виникає й таке питання: якщо дані рівні наявні лише в потенції, то як їх одержати? Щодо теоретичного та узагальнено-теоретичного рівнів,

то процедура досить звична. Ми лише "згорнули" наявні теоретичні ієрархії до двох, щоб виразніше наголосити на певних якісних метаморфозах. Щодо нижньої частини ієрархії, то тут, навпаки, треба з одного боку, розгорнути те, що зберігається у знятому вигляді на вищих рівнях, а з іншого - впорядкувати і розщепити те, що досить безпорядно і часом синкретично мало місце в історії. В зв"язку з усім цим постає потреба розробки адекватного методу дослідження.

§ 3. Метод відтворення становлення кількісних понять

Певним чином спосіб відтворення становлення кількісних понять, який ми застосовуватимемо, детермінується трактуванням логіки становлення фізичних понять як можливих шляхів їх формування. В зв"язку з цим для системи інформаційних рівнів, яку ми вводимо, не обов"язкова (в усякому разі в чистому вигляді) наявність усіх її елементів у дійсному становлені того чи іншого поняття. Тобто, в історії становлення того чи іншого поняття у науці деяких його рівнів може явно й не бути, бо це теоретична абстракція. Але їх можна відтворити конструюванням спеціального типу. До того ж ми погано уявляємо так звані дійсні факти. Історія науки дає нам, по-перше, вельми суперечливий матеріал; по-друге, без сумніву, існують факти, які ніде не записані. Ще гірше справа з їх "логікою", взаємозв"язком, становленням тощо. Факти потребують свого відтворення в цілісній картині минулого, сучасного і майбутнього, яка спирається на дійсне (відоме) й передбачає нове - невідоме, але ймовірне. Для всього цього потрібна теорія. Адекватна теорія минулого потребує деякого абстрагування від сучасних наукових та технічних досягнень, шаблонів мислення тощо. Вона повинна систематизувати факти у відповідній їм пізнавальній ситуації. Теорія мусить також передбачати нові факти. Інакше кажучи, треба ширше глянути на речі, потрібен метод. У логіці становлення має бути послідовно відтворене як ненаписане минуле (нижні щаблі ієрархії інформативних рівнів поняття), так і майбутнє (верхні щаблі). Будь-яке кількісне поняття - фізична величина, зрештою, пов"язані з фізичним виміром. В такому разі для розкриття логіки становлення фізичного поняття необхідна послідовна реалізація його етапів у конкретних вимірювальних процедурах. При цьому маються на меті передусім методологічні інтереси. Загалом завдання, з одного боку, полягає в тому, щоб подумки будувати правомірні поняття (зауважимо зразу ж, в одній - минулій - істо

ричній пізнавальній ситуації), а з іншого - здійснювати їх оцінку та здобувати методологічні в іншій (сучасній) пізнавальній ситуації.

Звідси, в центрі уваги стають процедури, завдяки яким будуються величини. Ці процедури залежать, звичайно, як від наявного матеріалу, так і від мети. Отже, поняття треба будувати, орієнтуючись на їхні елементи та можливі концепції. Враховуючи доповняльний характер логіки становлення та історії становлення, напрямок конструювання повинен відповідати загальним рисам історичного генезису понять: рухатись від простого до складного; від менших кількості та точності опису фактів до більших; від автономного статусу поняття до його детермінації системою і т.ін., і до того ж так, щоб відбувався перехід від менш інформативних рівнів до більш інформативних.

У світлі зазначеного стає зрозумілим подальший спосіб конкретної реалізації логіки становлення понять. Коротко його суть полягає ось у чому. Методолог подумки занурюється в певне минуле, в так би мовити вихідну пізнавальну ситуацію, і обробляє наявну там інформацію щодо об"єкта його інтересу (в даному разі - це те чи інше фізичне поняття) з метою вияснення способів оперування з ним та йому подібними і отримання методологічних засновків для подальшого конструювання. Використовуючи надалі наявні в цій ситуації необхідні нам пізнавальні засоби (емпіричні дані, вимірювальні засоби, методологічні еталони, теоретичні розробки, "логіку", мовні засоби тощо) і керуючись отриманими методологічними уроками (як конструюються подібні об"єкти і якими в ідеалі вони мусять бути), будується спершу початкове, найбільш просте й малоінформативне, поняття про об"єкт - ймовірне в вихідній пізнавальній ситуації. Далі, внаслідок наступного критичного аналізу цього поняття (мисленій апробації на практиці, порівняння з методологічним еталоном і т.ін.) будується наступний, більш високий інформаційний рівень, в якому елімінуються деякі недоліки попереднього рівня і реалізуються певні переваги методологічного еталону. Цей процес продовжується (з урахуванням можливих змін пізнавальної ситуації) доти, поки не досягається найвищий інформаційний рівень, якого можна досягти за правомірної лінійної екстраполяції певних закономірностей становлення поняття, що проявились у "минулому" і на основі наявних умов. У термінах змістових моментів поняття та процедур його реалізації (на них ми докладніше ще зупинимось)

це означає ось що. Відштовхуючись від наявного фактуального та його кількісного опису, спочатку поняття реалізують у найпростіших емпірико-логічних процедурах ("правилах"); далі переглядають фактуальні та концептуальні основи та висувають нові завдання щодо уточнення й екстраполяції; ці завдання розв"язують у наступному циклі, за складніших емпірико-логічних процедур; і так продовжують аж до його теоретичних побудов, здійснюючи послідовний перехід від попереднього інформаційного рівня до наступного доти, доки воно не досягне найвищого статусу. Широке застосування та явне усвідомлення фактичних і логічних процедур, що використовуються в даному разі, ми фіксуємо в назві методу - логіко-фактуальне конструювання.

У процесі мислення постійно присутні елементи логіко-фактуального конструювання. Це особливо помітно там, де проводяться мисленні експерименти під час вибору рішення або гіпотези, і особливо тоді, коли пробують реконструювати можливі шляхи виникнення того чи іншого явища або факту. При цьому намагаються максимально врахувати конкретну ситуацію (умови та історичні дані), здійснюють мисленні експерименти, застосовують послідовно все більше інформації, даних, фактів, повідомлень, змінюють ракурси розгляду тощо з однією метою: враховуючи всі можливості, обрати найбільш доцільний шлях.

Спробуємо стати на місце історика, який одержав повідомлення, що периметр основи єгипетських пірамід кратний числу "π". Якщо це досить важливо для його власної концепції, він, напевно, поставиться до подібного повідомлення як до гіпотези і намагатиметься його перевірити. Як він буде мислено випробувати цей дивовижний факт?

Передусім задамось питанням: "Як "π" пов"язане з довжиною?" Із простих фігур тільки довжина кола кратна "π", у яких би одиницях не вимірювався його радіус. Далі ми дізнаємось, які є дані про одиницю довжини (може вона кратна "π"?), та про способи вимірювання довжини у єгиптян у час побудови пірамід (чи кратні "π" інші споруди тощо). Якщо їх не досить для висновку, тоді ми подумки відійдем до тої епохи і озброїмось усіма наявними там технічними пристроями, використовуючи рівень тогочасної науки, стиль мислення (який особливо відбивається у мові), ритуали закладки та побудови пірамід та інших споруд і уявимо себе в ролі конструктора піраміди, який вибирає одиницю довжини та спосіб на-

креслення відповідного основі піраміди багатокутника на поверхні Землі. Припустимо, що одиницею виміру не міг слугувати периметр кола через відсутність круглих предметів типу колеса чи барабана, або упередження стародавніх єгиптян щодо всяких кіл, або ж тому, що інакше потребується занадто велика кількість припущень типу: а) еталоном довжини слугувала довжина кола певного колеса (наприклад, колісниці фараона); б) колесо дійсно було круглим з великою точністю; в) радіус колісниці був кратний сучасній одиниці виміру (метр, ярд) або їх кратній частці; г) сторона багатокутника основи піраміди обов"язково була кратна цілій кількості дуг периметру колеса; д) одиниця довжини у єгиптян була достатньо великою, щоб перекрити можливу похибку під час встановлення периметра піраміди; е) або, нарешті, їхня одиниця довжини була випадково π-кратна нашій одиниці довжини тощо.

Якщо нам нічого невідомо про єгипетський вимір довжини, або відомо, що він не був пов"язаний з довжиною кола (наприклад, колісниць не було, геометрія кола теж відсутня, барабанів не існувало тощо) і не був кратний "π" сучасній одиниці тощо, тоді вірогідність повідомлення стає досить малоймовірною, і ми, в свою чергу, піддамо його подальшій перевірці. Якщо додатково виявиться, що спосіб вимірювання периметра або спосіб обчислення кратності призводить до результату, похибка якого співмірна з еталоном довжини у стародавніх єгиптян чи з сучасною одиницею довжини, тоді ми повинні відкинути одержане повідомлення як безпідставне. Позитивний же результат перевірки цього факту стає ключем до відкриття ланцюга досить важливих фактів із життя стародавніх єгиптян. Для цього, звичайно, потрібен метод.

Приклад свідчить про наявність у дійсних міркуваннях багатьох рис логіко-фактуального конструювання. Враховуючи подібний характер структури мислених процесів, методологи досить часто користуються засобом так званої "логічної реконструкції". Більше того, вважається, що методолог завжди здійснює логічну реконструкцію свого предмета (див.: Мамчур, 1975). Але тут мається на увазі вузький смисл, коли методолог навмисне частково абстрагується від того, що відомо про об"єкт, який аналізується (зокрема, про певну величину), і намагається побудувати інші його можливі варіанти. Логіко-фактуальне конструювання як систематичний метод покликане розвивати та узагальнювати на діалектико-матеріалістичній основі засоби логічної реконструкції. Відмінність логіко-фактуального

конструювання від засобів логічної реконструкції загалом проявляється у тому, що воно є органічним моментом більш загальної концепції логіки становлення. З цього, зокрема, випливає, по-перше, що реконструкція повинна систематично "проектуватись" на систему інформаційних рівнів і спрямовуватись на збільшення інформованості; по-друге, реконструюється не тільки те, що є або було, а насамперед те, що <u>могло бути</u> в реальній ситуації; по-трете, вона повинна послідовно узгоджуватися з історією становлення як допоміжна до неї. Це вимагає загалом послідовного врахування багатьох діалектико-матеріалістичних положень, передусім, єдності історичного та логічного, принципу розвитку, конкретності істини, вірогідності відчуттів, стрибкоподібного характеру процесу пізнання тощо; а практично реалізується за допомогою врахування конкретно-історичної пізнавальної ситуації.

Логіко-фактуальне конструювання разом з тезою ієрархії інформаційних рівнів та власне логіки становлення складають органічну трійку елементів цілісного "кортежу" концепції логіки становлення. Для подальшого випробування його в дії треба визначити об"єкт аналізу, з"ясувати конкретну ситуацію ("фон" дії), зазначити орієнтири та засоби його "руху".

Щодо об"єкту аналізу, то ми, по-перше, обмежуємося кількісними фізичними поняттями - фізичними величинами, тому що фізичні величини складають квінтесенцію математичної мови фізичної теорії. Отже, в закономірностях їх становлення значно відображені закономірності становлення інших понять. Далі, оскільки грунтовно відтворити логіку становлення всіх кількісних фізичних понять у межах даної книги нема змоги, треба обрати ті поняття, становлення яких найбільш повне і повчальне. Бажано, щоб їхні корені сягали глибоко в історію, а гілки досягали сучасних теоретичних побудов, щоб вони були тісно пов"язані з повсякденною практикою людини, її чуттєвими особливостями, повсякденною мовою й т.ін.; зрештою, щоб це були підвалини фізичного пізнання в цілому. До того ж бажано представити не окремі поняття, а певний клас.

В результаті подібних міркувань в якості базисних понять в нашому розгляді обрані поняття: кількість речей, довжина, кут, площа, об"єм, час, вага, сила, швидкість, температура. При цьому виходимо з проведеної нами в іншому місці класифікації фізичних понять (Кравченко, 1979). (Всі інші кількісні поняття в цьому разі функціонально похідні). Характерною особливістю цих понять є їх порівняно ранне кількісне оформлення. Так, корені поняття кількості ре-

чей ("кількість") сягають неписаних часів історії людства, бо вже на початок І-го тисячоліття до н.е. воно вийшло на теоретичний рівень як число. Довжина, кут і площа з"являються на теоретичному рівні вже у Ш ст. до н.е. в евклідовій геометрії.

Причини цього, напевне, полягають, по-перше, в їх винятковому значенні не тільки в науці, але і повсякденній практиці. По-друге, в простоті їх емпіричних аналогів, які, як правило, спостережувані на практиці. По-третє, вони універсальні. Бо характерна для них властивість здається притаманною будь-якій спостережуваній речі з "універсума" речей. Так, вважається безсумнівним, що усі об"єкти мають розміри, існують у часі, їм властива вага тощо. Тому ці характеристики вважаються універсальними, атрибутними й, нарешті, істотними. Звичайно, універсальність будь-якої властивості (параметру) в строгому розумінні не можливо довести, бо це стосується фактичної структури світу, яка завжди освоєна людством лише частково. Універсальність є історична (конкретна) категорія, тому мається на увазі лише спостережувальний світ у конкретній пізнавальній ситуації.

Хоч обрані нами поняття у сучасних фізичних теоріях з часом переходять у розряд нефундаментальних, відносних і варіантних (метаморфози з поняттями довжини й часу в теоріях відносності - яскравий приклад цього) - усе це не зменшує, а навіть збільшує їх гносеологічну роль у фізичному пізнанні. Статус їх у прийнятому тут розумінні не залежить від майбутніх фізико-теоретичних побудов.

Період відтворення становлення понять. У даній праці немає також змоги, по-перше, докладно відтворити становлення усього класу обраних понять, а, по-друге, здійснити це від неписаних часів до наших днів. Та в цьому й немає особливої потреби, якщо обрати правильний шлях і почати розгляд з якогось певного періоду. Гадаємо, зручно зупинитись на аналізі становлення порівняно пізно утворених базисних понять, історія становлення яких записана: багатший фактаж і корисно розглянути загальновідомі в історії методології фізики проблеми, дискусії, парадокси, що пов"язані з її становленням. Водночас ці поняття і більш складні за інші вихідні. Так що маємо вирішити й другу задачу: в логіці становлення складніших понять має бути "в знятому вигляді" втілена також логіка становлення більш простих понять, які склалися раніше. Залишається обрати час, з якого почати аналіз - конструювання обраних понять і, відповідно, здійснити експлікацію конкретно-історичного пізнавального "фону" - тих вихідних даних, якими будемо оперувати.

Конкретно-історичний час, з якого починатиметься відтворення логіки становлення концептуально базисних понять, та, головне, умови цього процесу коротко називатимемо "конкретною пізнавальною ситуацією". Конкретна пізнавальна ситуація - це своєрідна конкретизація тези про доповняльний характер логіки становлення до історії становлення. Для того, щоб логіка становлення успішно відігравала конструктивну роль доповняльної до історії становлення і не була надто довільною, необхідно, спираючись на діалектико-матеріалістичний принцип конкретності істини (Маркс, Енгельс, т.20,с.92) дійсно пов"язати її з певним історичним періодом пізнання.

У зв"язку з тим, що теоретично завдання обмежується відтворенням становлення порівняно пізніх понять серед обраного класу концептуально базисних, які формувалися у писані часи розвитку фізики, то має сенс за початкову ситуацію взяти передпочаток перших новітніх фізичних теорій Галілея та Ньютона. З огляду на більшу доступність будемо мати на увазі період з верхньою межею - передгалілеївська епоха - XVI ст.Відповідно конкретна пізнавальна ситуація у широкому розумінні відображає весь накопичений до цього часу суспільний досвід, позитивне знання та практику (з можливими емпіричними процедурами) разом з їх відображенням у повсякденній мові та натурфілософії.Тут маються на увазі передусім ті мови і та натурфілософія,у "тиглі" яких переважно гартувалась фізика Нового часу.

У вузькому смислі початкову ситуацію (вихідні дані) в нашому дослідженні становлять: а) кількісні поняття довжини, ваги, часу, числа предметів,що використовувались загалом логічно незалежно у тогочасній повсякденній та науковій практиці (вони цікавлять нас у плані способів їх утворення); б) кількісні поняття швидкості,прискорення, площі, об"єму, питомої ваги і т.ін.,що зображуються традиційно як похідні від понять першого типу; в) відповідна тому часові математика та логіка, зокрема: арифметика з поняттям числа та арифметичних операцій з числами; евклідова геометрія з поняттям довжини, кута та інших теоретичних понять; арістотелівська силогістика; г) повсякденна мова з її особливою структурою міркувань та практикою вживання (лінгвістичною та емпіричною) насамперед таких слів, як "теплота" і "тепло", "нагрівання", "сила", "причина" і "наслідок"; д) найпростіші методологічні установки природодослідника, що походять з відповідної наукової та повсякденної практики і частково зумовлені структурою ("логікою") повсякденної мови.

Незалежно від нюансів прийнятої класифікації "рівнів пізнання" пункти "а" і "б" стосуються емпіричного рівня пізнання, а "в" - теоретичного рівня. У даному разі методологічно важливими є поняття довжини та кількості (числа), які є на обох рівнях: з"ясувавши переваги теоретичних понять довжини та кількості перед їх емпіричними аналогами, тим самим з"ясуємо значною мірою смисл та напрям логіки становлення інших понять.

§ 4. Кількісні поняття на емпіричному рівні

Пізнавальна ситуація буде надалі (явно чи неявно) еволюціонувати разом зі становленням відповідних понять. Бо кожний наступний рівень повинен щораз у знятому вигляді включати попередні рівні разом з відповідною їм практикою. Це потрібно, по-перше, для лаконічності та послідовності самого методу; по-друге, для кореляції логіки становлення з історією становлення у зв"язку з їх взаємодоповняльним характером. Конкретна ж пізнавальна ситуація - це основа всієї споруди, яка тут зводиться. Тому потрібний її ретельний розгляд для здобуття необхідного досвіду, методологічних орієнтирів та засобів реалізації логіки становлення. У першу чергу це звичайно стосується тих концептуально базисних понять, які сформувались у вказаний момент: кількість об"єктів, довжина, час, вага, об"єм, площа, питома вага, швидкість.

Зазначені поняття складають найважливішу частину інформації, той досвід їх побудови та функціонування, який маємо здобути з вихідної пізнавальної ситуації. В нашій побудові ці поняття виконують роль опорних ("провідних"), що постачають нас вихідними даними. Так що надалі важливо детальніше з"ясувати, як вони подані на емпіричному та теоретичному рівнях і, звідси, які методологічні висновки для конкретної реалізації логіки становлення можна отримати від них. Розглянемо їх по черзі, опускаючи ті, які мають для нас другорядне значення (кут, частота тощо).

1) Кількість предметів (подій). Це поняття здається простішим за всі інші. Для того, щоб визначити кількість предметів будь-якої сукупності, їх треба тільки перелічити. Однак це не так просто, як здається на перший погляд*. Складність яскраво ілюструється істо-

* Про це саме свідчать і дослідження генезису числа у дитини (див.: Піаже, 1963) та історія його становлення, відображена у мовах і інших пам"ятках (див.: Потебня, т.1, 1926; Леонтьєв, 1963; Тимофеєв, 1972).

рією формування числівників у повсякденній мові. Дещо спрощено цей процес можна подати так. В епоху палеоліту виникло поняття одного й багатьох (однини і множини). В неоліті виникає поняття одного, двох, двох та одного, два та два, три й одне, три й два, тобто з"являються елементи додавання. Основою такого обчислення є безпосереднє спостереження малих сукупностей. Потім був здійснений перехід до п"ятинних, десятинних та кратних їм обчислень. Це свідчить, по-перше, про використання взаємно однозначних відповідностей між речами та пальцями рук і ніг, і, по-друге, про зародження множення й ділення (див.: Стройк, 1968, с.18-21). З логічної точки зору для генезису поняття кількості потрібна була багатовікова практика класифікації об"єктів: ототожнення їх за певним принципом, у той час як сенсорно вони сприймаються як різні.

Далі, необхідне вміння виконувати серіації - розміщення як окремих об"єктів множини в ряд "за величиною" шляхом можливого їх попарного порівняння у термінах: "рівний" (однаковий), "більший", "менший", так і (що дуже важливо) сукупностей предметів за потужністю, спершу "на око", а потім - в результаті встановлення попарних одно-двозначних відповідностей між множинами речей однакової а згодом різної природи, що призводить до їх об"єктивного порівняння за потужністю. Наскільки важко утворити абстрактну кількість речей, свідчать деякі мови, в яких існують тільки кількості речей однакової природи й немає уявлення про сукупність кількості різних речей. Причина криється у тому, що при цьому треба, по-перше, перейти від ототожнення (виділення класу) конкретних одноякісних предметів до ототожнення різноякісних предметів, далі перейти до поняття про річ (предмет) взагалі з єдиною властивістю - бути ізольованою штукою ("одним"), а затим до вміння дивитись на речі як на події в часі, що послідовно потрапляють в поле нашого зору. Як такі події, всі речі тотожні, коли вони локалізовані в часі. Крім того, треба оволодіти найпростішими арифметичними операціями, які ізоморфні відповідним фізичним маніпуляціям з речами. В цьому ракурсі типова картина обчислення у деяких австралійських племен:

плем"я річки Мурей: 1 - епса, 2 - петчевал, 3 - петчевал епса, 4 - петчевал петчевал;

плем"я камілярой: 1 - мал, 2 - булан, 3 - гуліба, 4 - булан булан, 5 - булан гуліба, 6 - гуліба гуліба (Стройк, 1960, с.20).

Тут кожне число утворюється за допомогою додавання безпосередньо спостережених "кількостей" речей: 1, 2, 3.

Сформоване тут поняття кількості речей передбачає досить розвинуті процедури, їх класифікації (ототожнення та розмежування), серіації предметів, множин предметів та подій, встановлення відповідностей між множинами подій, їх потужністю та порядком. Воно також має на меті лічбу, а звідси й послідовне додавання "одиниці". Це значить мати певний еталон речей, вміти їх додавати (віднімати) та можливо, навіть, множити (ділити).

У результаті уявлення про кількість речей (предметів), хоч поки що досить обмежене, зумовлює підготовку найпростішого структурного шаблону для формування інших емпіричних величин. Цей шаблон досить рано набуде статусу як число ідеальної форми, в якій свідомо відображатиметься будь-яка реальна величина, що визначається. Поняття кількості речей (подій) виникає стихійно, воно є емпіричним аналогом (і етапом) генезису числа й необхідним моментом зображення як дискретних, так і неперервних величин.

2) Довжина (протяжність). Емпіричне поняття довжини, як відомо, виникло на світанку стародавньоєгипетської культури і вже у Ш ст. до н.е. досягло теоретичного рівня у "Началах" Евкліда. Після кількості речей довжина передує усім кількісним поняттям. Недаремно Р.Декарт вважав, що протяжність є однією з двох основ сутності речей (див.: Декарт, 1950, с.457-466). Причини такого раннього історичного розвитку цього поняття закладені, зокрема, в його найбільш повному та чіткому вияві ним ряду характеристик, які зрештою становлять онтологічні та еврістичні основи формування кількісних понять у фізиці. Так, очевидно, що протяжність має безпосередньо наочне ядро. До того ж, порівняно з іншими поняттями, довжина є в деякій мірі перцептивним інваріантом. Цьому сприяла досить важлива змога порівнювати протяжності об"єктів "на око". Крім того, довжина відчувається також тактильно-кінестетично (на дотик та рух). Нарешті, при спостереженні довжини бере участь також час: фіксується тривалість проведення очима одного кінця предмета до іншого (див.: Піаже, 1963). Далі, очевидні універсальність, значимість (категоріальність) та простота поняття довжини. Має також особливо важливе значення природне застосування процедури лічби (числа) подій до процедури визначення довжини, де неперервне зводиться до дискретного.

Довжина прямолінійного предмета в емпіричному розумінні - це кількість її одиниць, що відкладаються послідовно на прямій лінії, яка проводиться на ньому, плюс кількість рівних часток одиниці

(довжини відкладаються щоразу в лишок попередньої операції по ме-
обхідної точності). Довжина криволінійного предмета визначається
подібним чином пластичним еталоном довжини.

З наведеного практичного розуміння й застосування поняття дов-
жини очевидно, що воно грунтується на поняттях еквівалентності
("однаково") еталонові довжини ("одиниці довжини"), процедури ка-
лібрування або деталізації еталону ("частка одиниці довжини") ад-
тивності ("кількість одиниць довжини, яка вкладається на предме-
ті"). Для зпобуття методологічних уроків розглянемо детальніше ці
інгредієнти поняття довжини.

Еквівалентність. Вважається, що два об"єкти еквівалентні щодо
довжини, якщо при зіставленні (накладанні) їхні кінці співпадають.
Досвід свідчить, що рівність предметів може порушитись під час
зміни умов або просто з часом.

Еталон довжини. Одиниця довжини обирається довільно з логічно-
го боку, а практично еталонами є матеріальні предмети, які мають
бути конгруентні й тотожні собі в вимірювальних процедурах. Тому
еталон довжини обирається з класу предметів, що найкраще зберіга-
ють свою конгруентність. Зокрема, тверді металеві стержні порівня-
но мало піддаються впливові часу, силовим деформаціям, тепловим
впливам тощо. Оскільки такі зміни все ж відбуваються, то практично
немає абсолютного самоконгруентного еталону. Чисельна одиниця щодо
цього має переваги. Вона відносно більш незалежна від повсякчасно-
го впливу реальності.

Калібрування (градуювання). Під час виміру довжини виникає не-
обхідність враховувати частки (долі) еталону. Це досягається за
допомогою калібрування (ділення на рівні частки). Найпростіший
спосіб - це метод послідовного добору все дрібніших і дрібніших
частинок предмета, що вкладається у цілу кількість разів в еталон
(але ефективніші, звичайно, геометричні засоби, які можна застосу-
вати тільки до довжини, кута, площі, об"єму). Для здійснення калі-
рування величина повинна бути екстенсивною, або, як кажуть, повин-
на мати властивість адитивності.

Адитивність. Уявлення про те, що сума довжин частин предметів
дорівнює його загальній довжині і навпаки, настільки звична, що ви-
никає думка, начеб-то адитивність протяжності практично відповідає
сутності речей "самих по собі" й поширюється на будь-яку сукуп-
ність предметів. Однак для реального (не точного й не прямого)
предмета існує проблема (навіть концептуального порядку), як виз-

начити його довжину. Найперше тому, що фактично, йдеться лише про довжину певної лінії, а ліній на предметі можна мати необмежену кількість. Інша проблема у тому, як поєднати криві предмети, аби спрацювало правило адитивності. Очевидно, в обох випадках можлива певна довільність, яку бажано обмежити (або навіть уникнути), що частково здійснюється за допомогою формальних угод. Наприклад, беруться осеві лінії на предметах для виміру їх довжини.

Властивість адитивності досить спрощує поняття. Недаремно адитивні величини сформувались передусім кількісно.

3) Вага. Поняттям ваги людство користується здавна. Наприклад, вартість металевих грошей визначалась дуже довго за їх вагою. А золоті монети так оцінюються в основному й дотепер. Всесвітньовідомий закон Архімеда для плаваючих предметів був законом для ваг (Льоцці, с.26), а не сил, як гадають ті автори сучасних підручників фізики, які вводять "силу Архімеда". Відома легенда про визначення Архімедом ваги золота у царській короні свідчить про наявність навіть на той час (Ш ст. до н.е.) поняття питомої ваги. Відтак вага за давністю походження та "знатністю" може конкурувати з довжиною. Крім того, вага грунтується на достатньо відчутній сенсорній властивості, яка донедавна уявлялася навіть універсальною. Важливий також факт історично раннього виникнення процедур точного кількісного зважування.

Стандартною процедурою визначення ваги предмета є вимірювання його на важільних терезах. Вага предмета визначається аналогічно довжині. Це кількість цілих одиниць ваги, еквівалентних даному предметові "з недостачею", плюс кількість однакових часток одиниці ваги, еквівалентних "з недостачею" надлишкові і так до повної відповідності (еквівалентності) предмета на однім боці терез з сукупністю "одиниць ваги" та їх відомих однакових часток - на іншім. Або, інакше, процедура триває до того моменту, коли досягається необхідна точність.

При всій аналогічності вимірові довжини ця процедура має певні нюанси. З того, що від дрібнення предмета вага його не змінюється, зрозуміло, що сума ваг частин дорівнює його вазі в цілому. Далі, враховуючи, що будь-який конгломерат предметів можна розглядати як частини єдиного цілого, тоді й вага кількох предметів дорівнює сумі ваг кожного з них.

Так що адитивність - це спосіб зведення в даному заданому відношенні цілого до частин, агрегату до елементів та навпаки. Тому

адитивність на практиці порівняно автоматично вирішує проблеми інтерполяції (точності) та екстраполяції (розширення галузей за стосування) понять. Ось чому властивість адитивності досить бажана, й до неї, по змозі, треба прагнути під час формулювання поняття.

Завдяки ретельному розглядові тут (як і в будь-якому випадку) можна виділити дві проблеми: 1) як далеко можна продовжити процедуру дріблення ("калібрування") шкали і 2) як зважувати елементарні об"єкти ("атоми") та досить великі предмети ("Всесвіти"). Адитивність вирішує ці питання, принаймні, логічно.

Додатковий урок, одержаний під час розгляду ваги, полягає в необхідності спеціального приладу для вимірування ваги - посередника між об"єктом та еталоном. Природа його відрізняється від об"єкта, що було мало помітно у випадку з довжиною. На прикладі ваги також можна припустити, що гносеологічні вихідні поняття формуються спочатку поза теорією.

4) Час. Складніше всіх попередніх випадків справа полягає з поняттям часу. На відміну від практичного вимірювання кількості об"єктів, довжини та ваги, які в основі своїй збереглись у сучасній повсякденній практиці (хоча тепер у фізиці ці процедури значно ускладнились), час вимірювався сонячними (або навіть "на око" за положенням Сонця на небі), водяними чи пісочними годинниками, що дають набагато меншу точність порівняно з пізнішими маятниковими годинниками, винайденними лише 1657 р. Гюйгенсом (див.: Льоцці, 1970, с.91)*.

Наскільки кількісне уявлення про час відставало за точністю від довжини та ваги, свідчить те, що в епоху, коли була створена геометрія Евкліда і вага металу слугувала за кількісний вимір грошей, ще вважалось (принаймні, у греків), що тривалість дня завжди дорівнює тривалості ночі, через що, зрозуміло, виникали часті казуси. Причина, напевне, в тому, що через свою специфічність час погано об"єктивується (вимірюється). Адже практично спостерігаються тільки його наслідки або кореляти - явища "в часі" (Грюнбаум, с.71-79). (Хоча хід часу "відчувається" внутрішньо, на основі ритмічних фізіологічних процесів в організмі і тому взагалі він по-своєму спостережуваний). Сприймається механічно те, що чим більше послідовних повторень явища або послідовних явищ, тим більший наслідок (кут оберту сонячної тіні, кількість (об"єм) води,

* У принципі, маятниковий годинник винайшов Галілей 1612 р., коли встановив постійність періоду коливань маятника (див.: Льоцці, с.90).

що витікає з посудини, або піску в пісочниці, якогось рівномірного ("на око", або крім того, з погляду натурфілософського "принципу достатніх підстав") процесу. Але це гарантує тільки порядкову шкалу часу. Споконвіку як одиниця тривалості використовувався день ("від зорі до зорі") або доба ("від сходу до сходу"). Вважали, що тривалість будь-яких днів, або діб, однакова. Але оскільки дні й доби не можна поєднувати як інші предмети, тоді де гарантія еквівалентності їх тривалостей? Напевне, вибір подібних еталонів часу грунтується неявно на міркуваннях, які подібні до "принципу достатніх підстав". Але в даному випадку ці підстави були досить невизначені, тому що визнання дня (доби) за еталон часу досить умовне. Зараз загальновідомо, що тривалість дня на середніх широтах змінюється протягом року в межах від $\frac{1}{3}$ до $\frac{2}{3}$ доби й навіть добовий період ("час") обертання Землі змінюється.

Проте, чи не походить з феноменологічної безпосередньої неспостережуваності часу його так би мовити фіктивність. Ми вважаємо, що ні. Існує думка (і ми її поділяємо), що час відчувається "внутрішньо-інтуїтивно" на основі ритмічних психофізіологічних процесів в організмі (див.: Грюнбаум, 1969, с.65-78). Дійсно, ми добре сприймаємо музичний ритм та темп, частоту подій. Деякі люди навіть вміють регулювати тривалість сну. Відчуття суміжності й несуміжності подій, одночасності, ранішої або пізнішої їх появи, однакової або неоднакової (меншої або більшої) тривалості проміжків - все це можливе на основі внутрішнього корегуючого механізму*.

Для подальшого аналізу слушно розглянути, як вимірювався час за допомогою пісочного годинника. Тривалість там ідентифікувалась з кількістю (об"ємом, вагою, або висотою стовпця) піску, що висипався з пісочниці - посудини певної форми та об"єму. Виготовлявся набір пісочниць, еквівалентних щодо тривалості висипання піску: за однакового "початку" збігаються "кінці" цього процесу. Вважалось, що час висипання певної міри піску з будь-якої конкретної пісочниці в будь-який момент однаковий і що процес висипання відбувається рівномірно. Все це давало змогу досить просто поділяти еталонний час на рівні проміжки: однаковим інтервалам відповідали рівні міри піску. Калібрування шкали нееталонних пісочних годинни-

---

* До речі, сам А.Грюнбаум заперечує психофізіологічну спостережуваність часу. Але його точку зору спростовують психологічні експерименти. У дитини на певній стадії формується уявлення про внутрішній суб"єктивний час (див.: Флейвелл, 1967, с.414).

ків здійснювалось методом послідовного добору в однакових умов
такої частини об"єму даної пісочниці, тривалість висипання піс
з якої була б кратна часові висипання піску з іншої, еквівалент
ної їй пісочниці. Аналогічно чинили щодо складових частин. Зві
виходить, що реалізація поняття часу вимагає поняття рівномірно
(в розумінні швидкості) процесу і введення великої кількості е
вівалентних приладів. Адитивність щодо часу також має свої нюа
си, на яких варто зупинитись.

Для з"ясування значення адитивності часу потрібно насамперед розмежувати події на суміжні та несуміжні "в часі", бо суміжність та несуміжність подій безпосередньо спостережувана. Дві події в суміжні в часі, якщо одна з них відбувається після завершення по передньої. Інакше вони або частково суміжні, коли одна з подій почалась до закінчення іншої й тривала після неї, або повністю суміжні, якщо одна з подій повністю вкладається в часові інтерва іншої, або еквівалентні, якщо вони відбуваються в один і той сам час*. Наявність суміжних подій надає нового звучання поняттю ад тивності.

Тривалість двох несуміжних подій "a" та "b" адитивна в том розумінні, в якому адитивні довжина або вага. Тобто, якщо позначити відповідні тривалості через $T(a)$, $T(b)$, тоді

$$T(a+b)=T(a)+T(b), \qquad (1.$$

де $T(a+b)$ – об"єднана тривалість подій "a" та "b".

Якщо події повністю суміжні, тоді їхня загальна тривалість рівнює більш тривалій події. Символічно

$$\forall a,b\ T(b)>T(a) \longrightarrow T(a\cdot b)=[T(a)+T(b)+(T(b)-T(a)]=T(b), \qquad (1.$$

де $\forall$ – квантор загальності, а знак $\longrightarrow$ – квантор матеріальної імплікації.

Для частково суміжних подій

$$T(a\cdot b)=T(a)+T(b)-T(a\wedge b), \qquad (1.$$

---

* Вживання термінів "протягом", "тривалості", "одночасності", "р ніше", "після" тощо грунтується лише на буденно-інтуїтивному спр манні цих речей, зафіксованих, до речі, в повсякденній мові, й не веде до хибного кола в наших міркуваннях. Після введення рівнів інформативності понять це можна буде показати цілком строго.

де $T(a \wedge b)$ – тривалість спільного (сумісного) існування подій "a" та "b", їхня композиція, або, інакше, кон"юнкція.

Еквівалентність подій формально можна розглядати як частковий випадок формули (1.2) або (1.3) при умові $T(a) = T(b)$. В такому разі $T(a \cdot b) = T(a \wedge b) = T(a) = T(b)$, що випливає з визначення еквівалентності подій. Звідси виходить, що визначення часу за допомогою подій робить його, загалом, неадитивним. Практично ж випадки неадитивності часу не відіграють істотної ролі, бо вимір часу можна грунтувати на несуміжних подіях і, таким чином, звести його до адитивних процедур за формулою (1.1).

Отже, аналіз поняття часу* додатково до попередніх висновків дає змогу з"ясувати таке. 1) Час адитивний і спостережуваний не в тому самому розумінні, що й довжина чи вага; зокрема, адитивність і неадитивність може залежати від визначення поняття та вимірювальних процедур. 2) Взагалі під час вибору еталону часу присутній момент довільності (умовності) більш високого порядку, ніж у випадку довжини чи ваги, завдяки тому, що немає стільки ж переконливої та простої процедури верифікації еквівалентності несуміжних подій. 3) Вихідне поняття часу тісно пов"язане з іншими близькими поняттями (довжина, рівномірна швидкість тощо). Щоб все послідовно пов"язати, потрібна, в деякому розумінні, теорія й методологія часу. Недарма Ньютон застосував постулювання абсолютності, універсальності, рівномірності ходу часу, його первинності тощо. Це був важливий момент фундаменту його теорії.

5) Площа, об"єм, питома вага. Ці поняття традиційно вважають похідними від ваги та довжини.

а) Площа. Історично правильне визначення (обмір) площі було зроблено пізніше за довжину. Немає сумніву, що площу фігур досить зручно обчислювати на основі деяких розмірів (довжин). Так, для обчислення площі квадрата треба знати (виміряти) довжину однієї його сторони. Особливо переконливий цей засіб під час визначення площі кола. Тут варто знати тільки радіус, хоча сама фігура "крива". Проте визначення площ складних фігур вимагає інтегрування, а останнє, в свою чергу, спирається на знання складних рівнянь деяких ліній, визначити які практично досить важко. Іноді економніше відшукати площу за допомогою послідовного несуміжного накладання на поверхню, яку вимірюють, певної фігури, поверхня якої береться

---

* Про сучасний стан вчення про час див.: Аскін, 1966; Молчанов, 1977; Рейхенбах, 1962; Уітроу, 1967; та ін.

за еталон площі. Можна, нарешті, накладати зразки, які вільно змінюють свою форму.

Ці можливості існують через гносеологічну незалежність поня тя площі від довжини. Так, площа безпосередньо спостережувана. "На око" можна серіювати фігури за площами. Еталон площі можна обрати довільно, незалежно від довжини. Площа - адитивна величина. Фактичні процедури визначення площі подібні процедурам, які ми виклали щодо довжини. За всіма іншими ознаками площа - також ва хідне поняття.

Отже, логічна похідність (вторинність) не означає автоматично й гносеологічну похідність. Тому не завжди просто ідентифікувати "вихідність" та "похідність" понять. Але принаймні в конструктив ній частині ми будемо вільно користуватись площею як заданим по няттям у обраній пізнавальній ситуації і тому опорним для розкриття логіки становлення структур інших вихідних понять.

б) Об"єм. Об"єм в обчисленнях визначається за допомогою довжини ще більш побічно, ніж площа (третій ступінь довжини, або площа множиться на довжину), але по відношенню до нього виправдане усе сказане про площу. Практично визначення об"єму рідини навіть простіше, ніж визначення площі. Щодо визначення об"єму твердих тіл, заслуговує згадки слушний стародавній спосіб. Предмет занурюють у наповнену водою посудину паралелепідальної або циліндричної форми й за зміною об"єму води (підняттям рівня) визначають об"єм предмета. Саме так вчинив Архімед з царською короною. Таким чином вимір об"єму речовини зводиться до виміру об"єму рідини.

На користь вихідності поняття об"єму свідчить також те, що воно формується у дитячому віці (9-11 років), проте пізніше, ніж поняття ваги (Піаже, 1963). Це останнє досить несподіване, тому що вага відчувається тільки тактильно-кінестетичним чином (на дотик), тоді як об"єм "даний" ще й візуально. Ми гадаємо, що це наслідок похибки експериментального засобу встановлення цього факту Ж.Піаже. Об"єм визначається зазначеним вище методом занурення його в рідину; але ж це досить побічна процедура: увагу треба переносити на іншу річ (рідину), й тому міг бути одержаний ефект запізнення.

Практичне значення для нас буде мати спосіб визначення об"єму рідини (речовини) за зміною рівня (довжини).

в) Питома вага. Тут маємо справу з визначенням через різні поняття. Поняття про питому вагу виникло з практичної потреби порівнювати ваги предметів, що складаються з різних речовин. Навіть при

фіксованій "на око", або й тактильно рівності об"ємів одні предмети виявляються важчими (легшими) за інші. Проте створити прилад, який би безпосередньо вимірював питому вагу, набагато складніше, ніж визначати її побічним шляхом.

Відношення ваг предметів, рівних за об"ємом, є постійне число, незалежне від величини об"єму. Це значить, що вага пропорціональна об"ємові. Тоді відношення ваги предмета до його об"єму постійне. Воно має індивідуальне значення для кожної даної речовини. Таким чином, вага одиниці об"єму є константа, що характеризує "важкість" предмета залежно від його вмісту. В такому разі це досить важлива та зручна характеристика речовини, яка дорівнює частці від ділення ваги будь-якого предмета з цієї речовини на його об"єм: $\rho = P/V$.

Легко помітити, що питома вага двох або більше предметів (а також суміші різних предметів) не рівнозначна сумі питомих ваг предметів, що входять до її складу, а є чимось середнім між ними. Це значить, що питома вага - неадитивна величина. Для таких величин, якщо їх визначати незалежно, калібрування, очевидно, далеко не таке зручне, як для адитивних. Останні, з погляду процедурного алгоритму, напевне, повинні бути своєрідним випадком інтенсивних величин.

Отже, в результаті аналізу площі, об"єму та питомої ваги наш досвід (тобто досвід дослідника в конкретній ситуації XVI ст.) поповнюється двома фактами: 1) існують величини, логічно похідні від інших, але, напевне, концептуально базисні. При цьому вони можуть визначатись за допомогою кількох різних величин; 2) існують неадитивні величини, градуювання яких вимагає узагальнення відповідних процедур для адитивних величин.

6) Швидкість та прискорення. Поняття швидкості та прискорення стосується також понять обраної пізнавальної ситуації як кількісних характеристик однієї з найзначніших категорій - руху. Саме вони стали первісними термінами першої фізичної "теорії" - кінематики вільно падаючих предметів. Напевне, з самого початку швидкість та прискорення стали визначатись за допомогою понять відстані (переміщення) та часу. Зараз їх вважають класичним прикладом похідних понять. До того ж прискорення є похідним від швидкості. Приклад цих понять яскраво ілюструє ефективність формально-математичного підходу, що, зокрема, виявляється в намаганнях побічно визначати це поняття. Загалом же факт випередження формаль-

но-логічним мисленням змістово-емпіричного ілюструє важливий
пект співвідношення математики й фізики. Поняття, розвинуті м
матикою, тільки з часом осмислюються фізикою.

Процедура введення швидкості та прискорення до елементарн
вимірюваних понять довжини й часу, як вище з загальновідомих
значень, історично витіснила їх можливе незалежне формування
найменш, щодо поняття швидкості). Отже, формальний підхід має
ваги над суто змістовим насамперед щодо простоти. Далі, форма
ний підхід дав змогу (у цьому випадку за допомогою застосуван
граничного переходу) значно уточнити значення понять, ввів у
ній формі й змусив "працювати" поняття неперервності, яке дос
добре відповідає інтуїції, та стимулював формування відповідн
математичного апарату (диференціального, а потім і інтегральн
числення). Останній був розвинутий Ньютоном (і незалежно - Лей
ніцем) одночасно з відкриттям законів механіки.

Наступний, досить важливий для нас момент, полягає у тому,
швидкість та прискорення є векторними величинами. Уявлення про
швидкість як вектор грунтується на фактах, подібних до того, щ
якщо предмет одночасно бере участь у двох рухах, то напрям його
руху займає якесь проміжне положення між напрямами складових р
хів, а величина швидкості визначається подібно до третьої сторо
трикутника за теорією косинусів. На користь векторного тлумачен
швидкості свідчить і те, що тіло, яке рухалось по колу, продов
ватиме рухатись по дотичній до траєкторії попереднього руху й
тоді, коли перестає діяти на нього доцентрова сила. Але головне
що векторне розуміння величини дає змогу, по-перше, узагальнити
поняття адитивності (введенням геометричного складання) та, по-
друге, збільшити інформативність відповідних понять і рівнянь.
Векторне визначення швидкості допомагає подати векторно також
прискорення й сприяє формуванню інших векторних понять.

Прискорення - це приклад утворення понять засобом повторного
застосування формально-логічної процедури. Воно формально висту-
пає похідним 2-го порядку. Проте інтуїтивно йому легко надають
субстанційного смислу, бо в гносеологічному відношенні воно по-
хідне лише 1-го порядку. Так, у класичній механіці прискорення
тіла порівняно з його швидкістю відносно абсолютне.

7) Температура і сила. Історично поняття температури й сили
сформувались пізніше згадуваних понять. Тільки у цьому вони пос
паються перед ними. Але саме це разом з іншими ознаками (на яких

ми детально зупинимось у § 1 розд. II) робить їх найбільш цікавими з погляду логіки їх становлення. Поняття кількості речей, довжини, ваги, часу, площі, об"єму, питомої ваги, швидкості, прискорення, розглянуті як вихідні дані (опорні поняття), дають необхідну інформацію для подальшої спеціальної реалізації логіки становлення понять температури й сили. Деякі поняття з класу понять, що розглядаються - кут, тиск, частота тощо - не розглядаємо спеціально, бо вони мають другорядне значення для подальшого викладу. В разі необхідності будемо їх враховувати.

Методологічні уроки (емпіричний рівень). Які ж сумарні висновки можна одержати із попереднього аналізу провідних фізичних понять емпіричного рівня для подальшої реалізації логіки становлення інших вихідних понять?

Передусім підсумуємо в загальних рисах, як утворюються поняття на емпіричному рівні. Як ми могли переконатись, схематично побудова їх, по суті, відбувається так:

а) виділяється безпосередньо (чуттєво) деякий фактуальний зміст. Він фіксується в певних словах повсякденної мови;

б) формується попереднє загальне уявлення (концепція) про фактуальне як систему деяких емпіричних властивостей і відношень. Воно фіксується в певних емпіричних класифікаціях і серіаціях;

в) висувається завдання (установка) кількісного подання якісно впорядкованого фактуального змісту - гомоморфного відображення його на чисельну систему з відношеннями;

г) реалізується це завдання за допомогою приладу або певного вимірювального алгоритму, який, систематизуючи та узагальнюючи дані аналізу вихідних параметрів, можна подати ланцюгом з таких ланок: процедури (операції) встановлення відношень еквівалентності між елементами фактуального; процедури встановлення субординації між об"єктами в заданому відношенні; операції встановлення меж фактуального; процедури встановлення гомоморфного відношення між частками фактуального та інтервалами чисельного ряду (процедура "калібрування"). Остання ланка у випадку адитивних величин веде до процедур адитивного складання та вибору еталона.

Крім того, реалізація всіх етапів має певні риси договірного оформлення, починаючи із засобів систематизації фактуального змісту та завершуючи вибором назви поняття. Точки зору про те, що в змісті наукових понять наявний договірний момент (домовленість), дотримуються деякі вітчизняні дослідники (Тяпкін, 1970; Чудинов,

1977). Це не має нічого спільного з абсолютизацією цих моментів в конвенціоналізмом. В.І.Ленін показав суб"єктивно-ідеалістичну суть конвенціоналізму, який викривленно трактував цю особливість понять (див.: Ленін, т.18, розд. 7).

Вимагані специфіка логіки становлення конкретного фізичного поняття може залежати від виділеного фактуального; від загального уявлення (концепції) про фактуальне; від поставленого завдання; від процедурного алгоритму; від логічних властивостей чисельної системи, яким має задовольняти відображене фактуальне й, нарешті, від деяких елементів (домовленостей). Проте, фактично, залежність величини самої по собі від передумчої реальній побудові "концепції", від завдання, від особливостей чисельної системи та від домовленостей тут досить прихована.

Справа в тому, що в позиції превалюючого у вихідній пізнавальній ситуації наївно-реалістичного погляду на речі вважається, що поняття єдиним чином, однозначно відображає реальність і, звичайно, концепції та завдання теж детермінуються реальністю однозначно. Далі, розуміється, що чисельна система завжди одна й та сама є, відтак, елемент угоди відсутній. Проте насправді все це набагато складніше. Кожен інтерпрет вносить свою частку в поняття, хоч сам по собі має обмежений характер. Проте за допомогою процедури конструювання понять зазначені інтерпрети враховуються автоматично. Яких би загальних філософських переконань (чи упереджень) не дотримувався методолог, на практиці він мусить рахуватися з пізнавальною речей.

На процедурах, враховуючи прийнятий тут метод, варто зупинитись окремо. В подальшому для зручності будемо скорочено їх іменувати правилами, наприклад, "правило субординації", "правило калібрування" тощо.

1. Правило еквівалентності. Це правило вимагає проведення є діричної процедури, в результаті якої повільна пара об"єктів з виділеної певним чином сукупності (фактуального) кладеться еквівалентною в даному відношенні. Правило дає змогу однозначно виділяти класи однакових ("рівних") у деякому відношенні (протяжність, важкість тощо) об"єктів.

Під час встановлення еквівалентності слід розрізняти й "нееквівалентність" предметів, яка строго фіксується другим правилом.

2. Правило субординації. Дане правило наголошує на необхідності вияснення того, який з двох повільних об"єктів скресленої ранів

сукупності "більший ("менший") будь-якого іншого щодо заданого відношення (властивості). Під час встановлення еквівалентності субординація вже розуміється як нееквівалентність, але там вона ще не "протоколюється" явно.

Правила еквівалентності та субординації допомагають розчленувати сукупність об"єктів на еквівалентні групи й розташувати їх за порядком "величини". Інакше кажучи, завдяки їм фактуальне класифікується й серіюється. Цим підводиться структурна основа для наступного "окількіснення" фактуального. Тому останнє необхідно чітко вичленувати з об"єктивної реальності. Точність тут має також об"єктивний характер, бо сенсорні дані обмежені за об"ємом охоплення та точністю. Цього можна досягти завдяки прийняттю певних процедур встановлення меж (відношень "найменшого" і "найбільшого").

3. Правило нижньої межі вказує на необхідність емпіричного зіставлення певного типу фактуального ("межі") найменшому числу, обраному довільно інтервалові на чисельній осі.

4. Правило верхньої межі зазначає процедуру зіставлення іншої ("верхньої") межі фактуального (деякого іншого класу із серії) найбільшому числу з обраного інтервалу для представлення фактуального.

Правила 3 та 4 дають змогу "спроектувати" фактуальне в цілому на чисельний інтервал. Це - перший крок до переходу від фактуального до чисельної моделі.

5. Правило калібрування. Воно задає вимірювальний алгоритм інтерполяції (деталізації) "проектування" фактуального на чисельний інтервал. Мовою теорії вимірювань це означає встановлення "точної форми шкали". А мовою фізики це по суті є визначенням "ціни поділки" - частки від виділеного фактуального в чисельному виразі. Калібрування - найбільш точна частина вимірювань. Ця процедура дозволяє, образно кажучи, маніпуляції з об"єктами замінити (змоделювати) на усталені та досить зручні маніпуляції з числами. Калібрування досить щільно супроводять операції інтерполяції (збільшення точності) й екстраполяції (розширення меж застосування величин.

Для адитивних величин процедурна схема виміру набагато спрощується. Тут досить трьох кроків: встановлення еквівалентності, визначення адитивності та обрання еталону (Карнап, 1971, с.123).

Обрання еталону ("одиниці") в цих ситуаціях досить довіль
проте воно має бути однозначним. Властивість же адитивності о
чає,що визначена певна процедура об"єднання (або дрібнення) об
тів, при якій величина синтезованого об"єкта дорівнює сумі в
личин вихідних об"єктів (та навпаки, величина частин подрібнен
об"єкту дорівнює величині цілого). Адитивність поняття у прин
сприяє вирішенню проблем інтерполяції та екстраполяції шкали п
ладу й, відповідно, розширенню значення поняття. Проте, відпов
но до нашої постановки питання, поки не утворене поняття, ми, н
певне, не знаємо адитивне воно чи ні (хоч до того треба прагну
Тому під час подальшого конкретного відтворення логіки становле
ня певних понять будемо виходити з найбільш загальної схеми п"я
правил побудови понять, які в кожному випадку, напевне, матимут
специфічний вигляд.

На закінчення додамо, що хоча в дійсності (історично) ці про
цедурні правила були явно й систематично осмислені лише при побу
довах теорії шкал у XX ст., все ж були реальні можливості здобу
їх на кілька століть раніше, бо вони містились у практиці того
часу, зокрема, в пізнавальній ситуації, яка нас особливо цікави

Тепер, на основі розглянутих параметрів, стає само по собі
зрозумілим, що кількісне поняття повинно мати неперервне значен
(як і інтенсивність прояву якостей об"єктів), і тому за своєю пр
родою воно достатньо точне й широке. Щоб це реалізувати, необхі
відповідно вдосконалити прилади. Треба також прагнути до адитив
го зображення понять та, по змозі, переходити до векторного пода
ня величин завдяки його узагальненій адитивності та високій інфо
мативності. Крім того, є логічна можливість (і це досить зручно)
подати деякі величини як похідні від інших. Загалом, часто форма
цізація - найбільш легкий шлях досягнення мети, як у випадку з
питомою вагою або з прискоренням.

Проте треба мати на увазі, що розглянуті поняття ще не дають
достатньо повного уявлення про кількість у розумінні можливих фа
торів її становлення. Особливо, якщо мати на увазі позицію дослі
ника в вихідній пізнавальній ситуації. Треба врахувати, що тоді
(до XУI ст.) панувала найбільше ймовірна наївно-реалістична думк
за якою поняття в прямому розумінні копіюють дійсність і предста
ляють абсолютну істину (інакше вони неправильні).Це заважало уяв
ти, що існують різні способи систематизації фактуального, що п
няття залежить від постановки завдання, що фактуальне можна відо

разити в різних чисельних системах-схемах (там чисельна система завжди була одна й та сама), що значення величини принципово залежать від процедурного алгоритму (зокрема, відсутній вимірювально-обчислювальний досвід щодо неадитивних автономних величин). Крім того, не виявляється взагалі вплив матеріалу (типу термометровини у випадку емпіричної температури) й параметру (типу термопараметру), що представляють величину на її значення; зовсім невідомо, що числове значення фізичного поняття залежить від системи відрахунку й типу приладу і, нарешті, не з"ясована роль взаємозв"язку понять, яка проявляється лише на теоретичному рівні. Перейдемо до розгляду існуючих на той час точних теорій і з"ясуємо, які висновки мав отримати методолог щодо становлення та структури кількісних понять.

§ 5. Кількісні поняття на теоретичному рівні

I. Арифметика і число. З погляду, що нас цікавить, арифметику можна визначити як теорію числа. Число тут розуміється в широкому значенні як елемент поля дійсних чисел з відповідними діями додавання (віднімання), множення (ділення) та іншими, що пов"язані з додаванням та множенням. Важливими конструктами арифметики є поняття нескінченого ряду натуральних чисел (та, відповідно, цілого числа), безконечного ряду раціональних (і, відповідно, дробового числа) та ірраціональних чисел (та, відповідно, числа, що не є кінцевим десятковим дробом).

Ряди (що важливо) складаються з індивідуальних елементів, які впорядковані за "величиною". До того ж, можна з"ясувати відстань між будь-якими елементами ряду ("різницю величин") та зв"язок "частина - ціле" будь-якої пари елементів у ряді як відношення меншого числа до більшого ("частка від ділення величин") тощо. Досить важливо для логіки становлення наявні в арифметиці поняття безконечно великої та безконечно малої величин і поняття "щонайщільнішого розміщення" (неперервності) дійсних чисел.

Завдяки арифметиці у понятті "число" узагальнені й зведені в струнку систему емпіричні уявлення про кількість речей та їх лічбу в напрямку "ущільнення" та економії вглиб і вшир. Без арифметики неможливо навіть побудувати логічно бездоганні поняття від"ємних чисел та нуля, не маючи на увазі безконечних рядів та величини або ірраціональних чисел. Все це набуває емпірична "кількість предме-